平成２１年度経済産業省委託

石油精製業保安対策
石油精製プラント等の事故情報調査
に関する報告書

平成２２年３月

高圧ガス保安協会

－ 目 次 －

1. 総論
1.1 趣旨 ····· 1
1.2 スケジュール ····· 1
1.3 委員会 ····· 2
1.4 委員構成 ····· 2
1.5 委員会の開催状況 ····· 2

2. 事故調査解析
2.1 高圧ガス事故概要報告 ····· 2
2.1.1 熱交換器及び除害設備からの毒性ガスの漏えい ····· 5
2.1.2 高圧法ポリエチレン製造施設の放出管での死傷故 ····· 9
2.1.3 エチレンアミン製造施設からアンモニアが漏えい ····· 13
2.1.4 ブロータンクの座屈 ····· 18
2.1.5 酸素圧縮機軸シール部付近の溶損 ····· 24
2.1.6 精留塔からのブタンガス漏えい ····· 27
2.1.7 圧力計サイフォン管（ピグテール）からの漏えい ····· 32
2.1.8 吸収槽からプロピレンが漏えい ····· 35
2.1.9 アルキレーション装置における LPG 漏えい ····· 40
2.1.10 空気分離器循環ポンプからの液化酸素漏えい ····· 45
2.1.11 高圧法ポリエチレン製造施設の流量調整弁付近の火災 ····· 49
2.1.12 メタノール蒸発加熱器のチャンネルフランジからの漏えい ····· 53
2.1.13 アルゴン CE における差込み溶接継手からガスが漏えい ····· 56
2.1.14 CNG スタンドにおけるベントライン放散管の破断による漏えい ··· 60
2.1.15 高圧法ポリエチレン反応器の破裂板作動による減音装置の破裂 65
2.1.16 塩素除害塔から塩素ガスが漏出 ····· 68
2.1.17 アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故 ····· 79
2.1.18 プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管からの漏えい ····· 85
2.1.19 高級アルコール製造施設のフランジ部の火災 ····· 90
2.1.20 水素ガス製造設備における配管溶接部からの漏えい ····· 93
2.1.21 アンモニア製造施設ナフサ改質炉のクリープ破断 ····· 99
2.1.22 天井落下に伴う冷却コイルの破損による冷媒ガスの漏えい ····· 103
2.1.23 塩素クッションタンクからの漏えい ····· 108
2.1.24 空冷式ヒートポンプチラーの配管からの冷媒漏えい ····· 112
2.1.25 空冷式ヒートポンプチラーの配管及び可溶栓からの冷媒漏えい 117
2.2 事故事例データベース ····· 120
2.2.1 データベース仕様 ····· 120
2.2.2 検索・統計編の仕様 ····· 121
2.2.3 その他 ····· 124

3. 統計分析
3.1 平成 21 年高圧ガス事故の傾向分析 ····· 125
3.2 コンビナート等保安規則適用事故事例 ····· 135

4. まとめ
4.1 事故概要報告 ····· 146

4.1.1 総括 ····· 146
4.1.2 死亡事故 ····· 146
4.1.3 バルブの誤操作 ····· 147
4.1.4 疲労破壊 ····· 147
4.1.5 冷凍設備の事故について ····· 147
4.2 事故事例データベース ····· 148
4.3 統計分析 ····· 148
4.4 その他 ····· 149

1. 総論

1.1 趣旨

石油精製プラント等の事故情報調査は、石油精製プラントの安全操業を確保するため、石油精製プラント等における高圧ガス事故について調査を行い、再発防止のための効果的な対策について検討し、周知することにより、もってコンビナート事業所における事故災害を未然に防止することを目的とする。

このため、本調査では、様々な事業所で発生した高圧ガス事故について詳細情報を収集し、データの分析･評価を行い、そこから得られた教訓などの情報を事故の再発防止、未然防止のためにホームページなどにより情報提供を行うこととし、石油精製プラント等に関する高圧ガス事故について、原子力安全・保安院保安課から提示される事故に関して、現地調査を含む事故原因の調査解析を行い、事故概要報告書を作成するとともに、平成21年に発生した石油精製プラント等に関する高圧ガス事故の情報について、平成20年以前の事故と比較して解析・整理を行い、データベースの制作を行った。

1.2 スケジュール

	平成21年度			
	1/4	2/4	3/4	4/4
委員会開催		○	○	○　○
事故情報の収集		→	→	→
事故解析、データベース製作		→	→	→

1.3 委員会

本事業の実施に当たって、高圧ガス保安協会に高圧ガス事故調査解析委員会を設置し、事故事例の調査、解析・評価、再発防止策、教訓などについて検討を行った。

1.4 委員構成

（敬称略・順不同）

委員長　小林　英男　東京工業大学　名誉教授
委員　　木村　雄二　工学院大学　常務理事
　　堀口　貞茲　(独)産業技術総合研究所　安全科学研究部門
　　爆発利用・産業保安研究グループ　シニアスタッフ
　　横山　千昭　東北大学　多元物質科学研究所　教授
　　笠井　尚哉　横浜国立大学　安心・安全の科学研究教育センター　准教授
　　澁谷　忠弘　横浜国立大学　環境情報研究院　人工環境と情報部門
　　安全管理学分野　准教授
　　山田　孝志　岡山県総務部　消防保安課　副参事
　　中条　孝之　三重県防災危機管理部　消防保安室　主査
　　竹花　立美　高圧ガス保安協会　高圧ガス保安研究室長

1.5 委員会の開催状況

回 数	開 催 日	議 事 内 容
第 1 回	平成 21 年 9 月 25 日(金)	◎ 平成21年度事業計画について ◎ 最近の事故統計について ◎ 事故概要報告について
第 2 回	平成 21 年 11 月 30 日(月)	◎ 最近の事故統計について ◎ 事故概要報告について
第 3 回	平成 22 年 2 月 1 日(月)	◎ 最近の事故統計について ◎ 事故概要報告について
第 4 回	平成 22 年 3 月 3 日(水)	◎ 最近の事故統計について ◎ 事故概要報告について ◎ 平成21年度報告書(案)について

2. 事故調査解析

2.1 高圧ガス事故概要報告

石油精製プラント等に関する高圧ガス事故として、表2.1に示した高圧ガス事故について、それぞれ高圧ガス事故概要報告としてまとめ、事業所の確認が済んだものからホームページに公開した。これらは、事業所における類似災害防止のための参考資料並びに事故事例の教育資料として活用することにより、石油精製プラント等のさらなる自主保安の向上および事故防止に資するものとなる。

平成21年度に作成した事故概要報告を以下に示す。

表 2.1 事故概要報告の作成一覧表

番号	事故名称	事故発生年月日	HP公開年月日
1	熱交換器及び除害塔から毒性混合ガスが漏えい	2007/7/13	2010/3/12
2	高圧法ポリエチレン製造施設の放出管での死傷	2008/6/1	2009/12/01
3	エチレンアミン製造施設からアンモニアが漏えい	2008/6/4	2009/12/01
4	ブロータンクの座屈	2008/4/11	2009/12/01
5	酸素圧縮機軸シール部付近の溶損	2008/2/26	2009/12/24
6	精留塔からのブタンガス漏えい	2008/2/5	2010/1/22
7	圧力計サイフォン管（ピグテール）からの漏えい	2008/5/28	2009/12/24
8	吸収槽からプロピレンが漏えい	2008/6/24	2009/12/01
9	アルキレーション装置における LPG 漏えい	2008/7/8	2009/12/24
10	空気分離器循環ポンプからの液化酸素漏えい	2007/2/24	2010/2/18
11	高圧法ポリエチレン製造施設の流量調整弁付近の火災	2007/9/7	2009/12/24
12	メタノール蒸発加熱器のチャンネルフランジからの漏えい	2007/12/11	2010/2/18
13	アルゴン CE における差込み溶接継手からガスが漏えい	2007/12/17	2010/2/18
14	CNG スタンドにおけるベントライン放散管の破断による漏えい	2008/2/2	2010/2/18
15	高圧法ポリエチレン反応器の破裂板作動による減音装置の破裂	2008/11/27	2010/3/12

16	塩素除害塔から塩素ガスが漏出	2009/4/15	2010/3/12
17	アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故	2009/3/9	2010/3/19
18	プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管からの漏えい	2008/9/1	2010/3/12
19	高級アルコール製造施設のフランジ部の火災	2008/9/11	2010/3/19
20	水素ガス製造設備における配管溶接部からの漏えい	2008/10/14	2010/3/12
21	アンモニア製造施設ナフサ改質炉のクリープ破断	2008/10/22	2010/3/19
22	天井落下に伴う冷却コイルの破損による冷媒ガスの漏えい	2009/2/20	2010/2/26
23	塩素クッションタンクからの漏えい	2009/4/9	2010/1/22
24	空冷式ヒートポンプチラーの配管からの冷媒漏えい	2008/10/8 2008/10/14	2010/3/19
25	空冷式ヒートポンプチラーの配管及び可溶栓からの冷媒漏えい	2009/4/9	2010/3/19

2.1.1　熱交換器及び除害設備からの毒性ガスの漏えい

整理番号	事故名称
2007-364	熱交換器及び除害設備からの毒性ガスの漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2007-7-13(金)　14 時 00 分頃	茨城県神栖市

施設名称	機器名	主な材料(熱交換器)	概略の寸法(熱交換器)
イソシアネート製造設備	熱交換器及び除害設備	シェル: SB 材 チャンネル: SUS 材 ガスケット: テフロンシート	I.D.:1.1 m L　:3.5 m フランジボルト:M20

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度 (設計温度)
塩化カルボニル	2,700　千　m^3/ 日 (Nor.)	0.442MPa	チューブ : 140 ℃ (200℃) シェル　:　40 ℃ (75℃)

被害状況

熱交換器本体フランジから毒性ガスが微少漏えいしたため、脱圧操作を実施していた時に、除害設備から微量の除害不十分な毒性ガスが漏えいした(人的被害無し)。

事故概要

イソシアネート製造設備において、反応器を運転中、パトロール員が、微かな臭気を覚知した。点検したが漏えい箇所を特定できず、設備を停止して気密試験を実施することにした。

設備停止後、反応器内ガスを回収塔へ送るため計器室から制御弁(CV-7)を開け、脱圧操作を開始した。速やかな脱圧を意図し、ON-OFF 弁(XV-3)を開き、除害塔へ送気した。

その直後、ベントスタックのガス検知器警報が発報したため、運転員は異常に気付き、送気先を回収塔に戻した。数分後には除害設備は定常状態に復帰した。

その後、製造設備の気密試験の結果、漏えい箇所が熱交換器の本体フランジであることが判明した。当該箇所の増し締めを行うと共に、類似箇所の増し締めも実施した。

事故原因

〇除害設備からの漏えい

①通常、反応器内ガスは、制御弁(CV-7)で回収塔に送り、反応器内圧 0.1MPa 以下で、残ガスを ON-OFF 弁(XV-3)で除害設備(除害塔)に送って除害処理する。

②作業手順書では、ON-OFF 弁(XV-3)を用いて脱圧を実施する場合は、反応器内圧が 0.1MPa 以下、それ以上の圧力の場合は、脱圧ライン ON-OFF 弁(XV-5)を用いるように定めている。

③今回、脱圧を急ぐため、反応器内圧が 0.3MPa にもかかわらず ON-OFF 弁(XV-3)を用いて脱圧を行ったため、除害能力を超えたガスがベントスタックから放出された。

〇熱交換器フランジからの漏えい

①発災後にボルトの締め付け具合を調査した結果、漏えい箇所付近のボルトが緩んでいた。ボルトが緩んだ原因の 1 つとして、スタート、ストップの繰り返し(バッチ運転)による運転温度の変化が考えられる。

②この熱交換器は、ホットボルティングは行っていたが、トルク管理は行っていなかった。

③後日の開放点検で、フランジ、ボルト・ナットなどには異常が無かったが、ガスケット

は若干変形しており、ボルトを過度に締め付けた可能性があることが判明した。

再発防止対策

〇除害設備からの漏えい
システムを変更し ON-OFF(XV-3)弁は、反応器内圧が 0.1MPa 以上の時は開かないようにした。反応器内圧が 0.1MPa 以上の時に脱圧する場合は、脱圧ライン ON-OFF 弁(XV-5)を使用することを再教育して徹底した。

〇熱交換器フランジからの漏えい
熱交換器は、ガスケットのクリープ特性を考慮して、トルク管理を実施し、念のため、半年に一度フランジボルトの増し締めを実施することにした。

教訓

①作業手順の遵守
・除害操作における作業手順が遵守されなかった。要領・手順の遵守徹底の教育が必要である。

②フランジの締め付け管理
・フランジの締め付け管理は、設計条件、外部環境、作業方法等を考慮して、整備すべきである。
・フランジは、締め付け時のバラツキを無くし、均一に締め付けることが大切である。

③毒性ガスに対する危険性の再認識
・毒性ガスは、少量でも漏えいすると大変危険であるが、日常的に取り扱っていると慣れのためその危険性に対する認識が徐々に低下してしまう。毒性ガスの危険性を常に認識しつつ作業に当たるように指導しなければならない。

④緊急時の教育・訓練
・常日頃から教育・訓練を実施し、実際に緊急対応が必要な時に確実に操作が実施出来るようにしておくことが重要である。

⑤広域拡散した場合の対応
・漏えいしたガスが広域拡散した場合を想定し、広報、避難、連絡体制等、対応策を規定し、万一に備えた緊急時訓練を充分行うことが必要である。
・被害確認、救急搬送等、地域住民、周辺事業所及び消防との連携が重要である。

備考

事故調査委員会

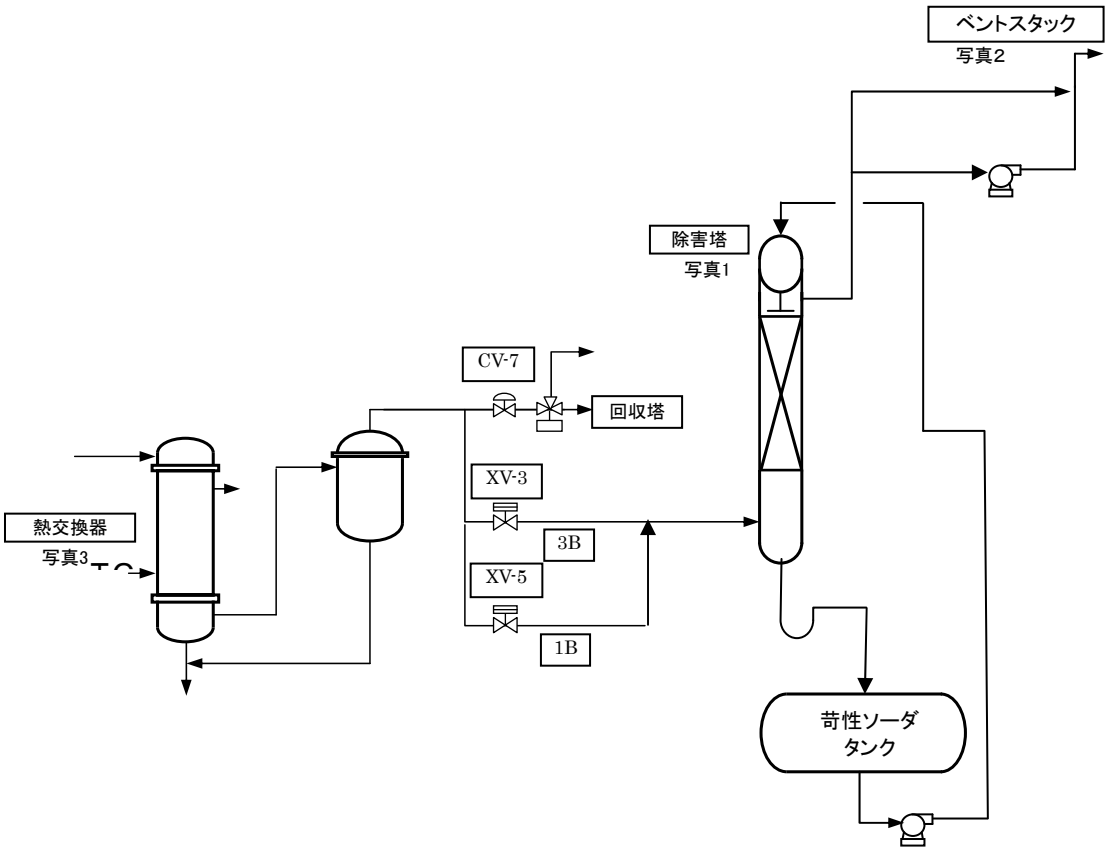


図1　イソシアネート製造設備フロー図

写真 1　除害塔

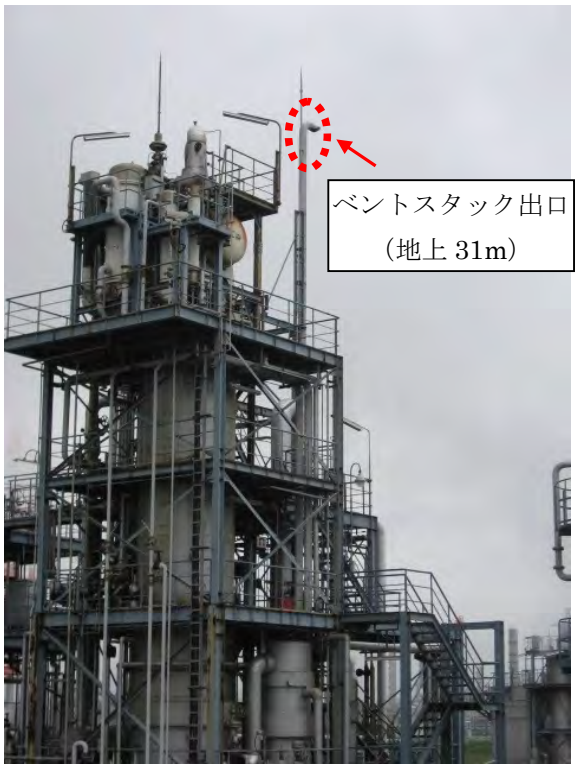


写真 2　ベントスタック

写真 3　熱交換器
（XE-101）

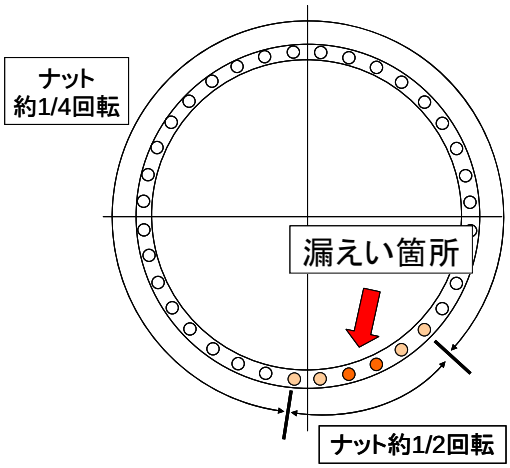


図 2　フランジボルトの締め付け確認状況（発災後）

2.1.2　高圧法ポリエチレン製造施設の放出管での死傷事故

整理番号	事故名称		
2008-333	高圧法ポリエチレン製造施設の放出管での死傷事故		
事故発生日時	事故発生場所		
2008-6-1(日)21 時 20 分	神奈川県川崎市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
高圧法ポリエチレン製造施設	緊急放出弁の放出管	SUS316TP	100A　t17.1mm
高圧ガス名	高圧ガス製造能力(Nol.)	常用圧力	常用温度
窒素ガス	21,500 千 m^3/日	20MPa	35℃

被害状況

高圧法ポリエチレン製造施設の反応器に接続された緊急放出弁の下流にある放出管の復旧工事が完了した。放出管の耐圧試験につづき気密試験を実施した後、試験用治具の閉止板を取り外す作業中に窒素が噴出し、1 名が死亡、1 名が軽傷を負った。

事故概要

① 5/23、高圧法ポリエチレン製造施設の第 2 号反応器にある緊急放出弁の放出管で、重合物による閉塞を発見した。
② 5/28 から放出管を切断して、閉塞物の除去作業を実施し、配管を溶接で復旧した。
③ 6/1 午後、復旧工事が完了したので、耐圧、気密試験を開始した。
④ 放出管と製造施設を完全に縁切りし、水圧で耐圧試験を行い、異常なしを確認した。
⑤ 次に気密試験を実施するため、窒素ガスにより試験圧力 20MPa に昇圧し、異常は認められなかった。
⑥ 試験装置にあるブロー弁を開き、脱圧を開始した。圧力計で脱圧を確認し、高圧ホースを取り外した。
⑦ ここで作業員は、休憩のため控え室へ戻った。現場に残っていた監督者 2 名が、グレイロック継手に取り付けた仮設の閉止板を取り外す作業を行っていたところ、突然窒素ガスが噴出した。
⑧ 21:20、異常音とともに配管が上部から落下するのを現場付近にいた保全員が確認し、異常発生と判断して、現場を確認したところ、監督者 2 名が倒れているところを相次いで発見し、それぞれ救急車が要請された。この事故で、監督者 1 名が死亡、1 名が軽傷を負った。

事故原因

① 試験装置から延長した高圧ホースを放出管に接続する際、放出管の枝管端部に取り付けてあった逆止弁(ボール式)を取り外さないで接続した。
② このため、気密試験終了後に試験装置のブロー弁を開放して降圧させても、試験装置側の減圧は圧力計で確認できたものの、逆止弁から先の放出管は加圧状態のままであった(試験区間に圧力計はなかった。)。
③ 被災者(監督者)は、一連の作業で放出管が脱圧されていると思い、高圧状態のままであることに気付かず、閉止板を取り外そうとした。
④ グレイロック継手のボルトを緩めていたところ、突然閉止板が外れ、窒素が噴出し、窒素噴出の反動で、放出管が大きく反転し、配管の支持サポートの溶接部を破壊するとともに、隣のステージに落下した。このとき、被災者は、グレイロック継手の両側で作業をしていたものと思われる。
⑤ 作業監督者に対してホワイトボード、口頭により逆止弁の取り外しを説明していたが、実際には取り外されていなかった。
⑥ 協力会社では、作業を行う前に、「配管切断・復旧作業安全対策」を作成したが、逆止弁を取り外すことは記載していなかった。この安全対策書は、逆

止弁を取り外すことを前提とした作業要領となっていた。
⑦ 安全対策書に逆止弁を取り外すことが明確に記載されていなかったため、作業者に正しく指示が伝わらなかった。
⑧ 試験開始前に逆止弁を外されていることを誰も確認しなかった。
⑨ 事業所側の保安主任者、保安係員による、工事における保安確保への関与も不充分であった。

再発防止対策

① 定常的に行わない作業については、「重要作業項目」が確実に記載されるよう、規程・基準類を構築し、関係者に教育する。
② 「重要作業項目」がなぜ重要なのか、どのように危険が潜んでいるのか、手順書の説明時および作業実施前の打合せ時に関係者に周知する。
③ 関係者間で作業の目的と内容を確認し、報告、連絡、相談を徹底する。
④ 現場責任者の役割と責任権限を明確にし、全ての現場監督者に教育する。
⑤ 事業所の保安責任者に対して、危害予防規程で定められている職務と役割を再教育し、確実に実践させる。
⑥ 耐圧・気密試験について、計画から実行段階に至るまで、現場監督者、協力会社管理監督者に加え、保安主任者／保安係員が確認する。
⑦ 危害予防規程を改正し、重要・非定常な工事、作業については、製造部門の関与を強める。具体的には、協力会社、協力会社を管理、監督する者および製造部門の 3 者でリスク評価を行い、保安責任者の承認を得ることとした。
⑧ 重要・非定常な工事、作業の定義を「非定常作業要領」で明確にし、リスク評価に関しては、既定の要領書に基づき実施手順を教育する。

教訓

① コンビナート事業所での死亡事故は、平成 10 年 11 月、千葉市の製鉄所で硫化水素中毒により 1 名が死亡した事故以来であった。
② さらに、平成 19 年 6 月、札幌市で仕切弁の耐圧試験中、および、平成 20 年 8 月、新潟市でガス導管の耐圧試験中、突然、仮設のふた板が吹き飛び死傷事故を起こしている。
③ 気体による耐圧気密試験では、仮設の試験治具を含め、安全作業に関する確認行為は厳重に実施しなければならない。
④ 試験区間の 2 箇所以上に圧力計を取り付ける。これは、試験区間が長い場合、圧力導入部とその反対側の末端部などに 2 箇所以上圧力計を取り付けることにより、全区間で昇圧と脱圧を確実に確認することができる。この事故現場でも圧力計は複数付いていたが、片側に設けた試験装置側の 1 箇所に圧力計を 2 個取り付けていた。
⑤ グレイロック継手の取り扱いには注意しなければならない。 平成 13 年 7 月、能代市のロケット実験所で、平成 20 年 3 月、種子島の宇宙センターで、それぞれ、グレイロックの開放作業中、脱圧状況の確認不足により、閉止板が飛ぶなどで人身事故が発生している。
⑥ この工事では、日曜の夜間にかけて耐圧、気密試験を実施していた。事故が発生すれば事業所の責任が問われるので、無理な作業は禁物である。
⑦ 放出管の閉塞は、緊急放出弁の内部漏れが原因であった。その原因は、バルブシート部の介在物が選択的に腐食して、腐食疲労割れの起点となったことである。バルブの内部漏れも安定運転の阻害要因となるので、不具合の洗い出しと再発防止対策が重要である。
⑧ 逆止弁を取り外すことが認識されつつも、口頭伝達で、作業員までその真意が伝わっていなかった。工事指示は、文書で確実に行い、その結果を責任者などが確認しなければならない。

⑨　事業所の運転部門は、担当する設備の工事に際して、設備安全と工事安全に関し、要所要所で確認を行うなど、自分たちの設備の工事に深く関与しなければならない。

備考

事故調査委員会

写真・図面

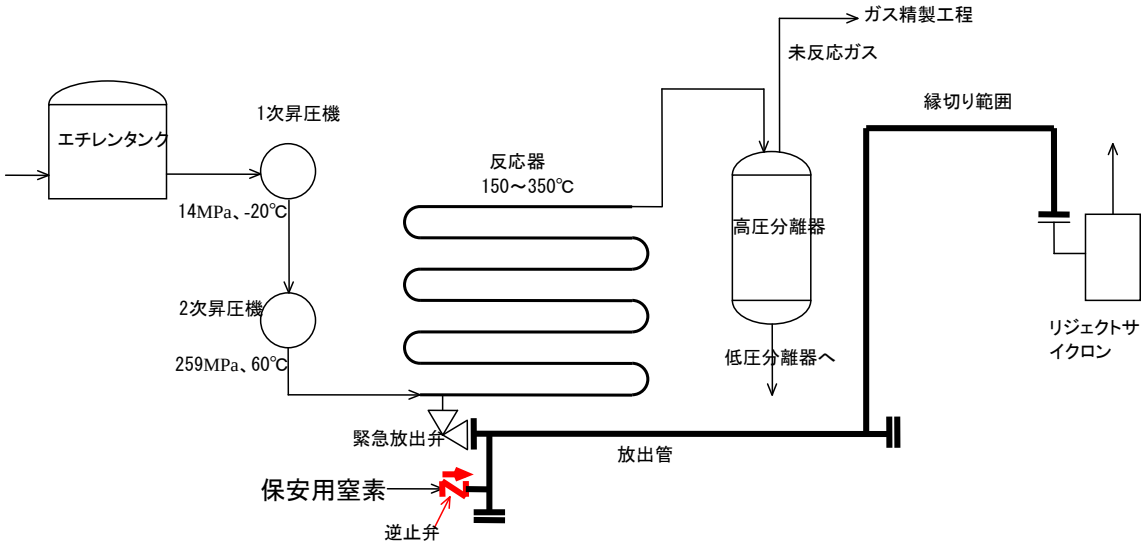


図 1　高圧法ポリエチレン製造施設の反応器周りの概要

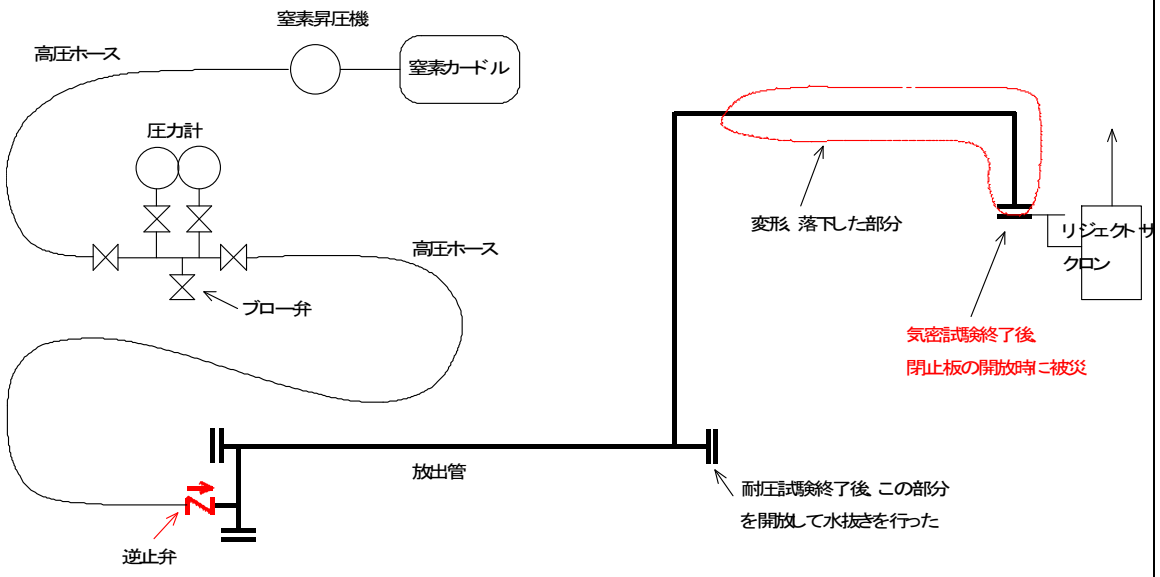


図 2　耐圧、気密試験時の概略フロー

写真 1　放出管落下の状況（グレイロック継手の開放作業は、右側の部屋で実施）

写真 2　締結状態のグレイロック継手

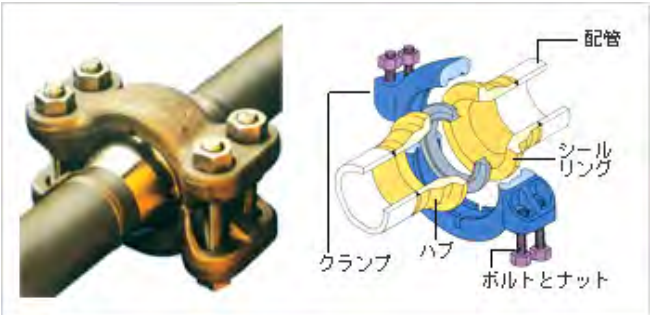


図 3　グレイロック継手の構造概要（メーカーのホームページより抜粋。）

2.1.3 エチレンアミン製造施設からアンモニアが漏えい

整理番号	事故名称		
2008-369	エチレンアミン製造施設からアンモニアが漏えい		
事故発生日時	事故発生場所		
2008-6-4(水) 11 時 55 分	山口県周南市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
エチレンアミン製造施設	塩安分解塔 配管フランジ	SUS316	150A、Sch.20
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
アンモニアガス	約 9,000 千 m^3/日	1.07MPa	110℃

被害状況

定常運転中、運転員が漏えい音を覚知し、塩安分解塔の塔頂フランジからアンモニアガスが漏えいしているのを発見した(人的被害なし)。

事故概要

① エチレンアミン製造施設の計器室内で、運転員が「シュー」という異音を覚知した。
② 現場を確認したところ、塩安分解塔の塔頂配管付近からアンモニアガスが噴出しているのを発見した。
③ 直ちに、班長へ報告し、施設の停止操作を開始した。
④ 原料の供給を停止し、固定散水設備により散水を開始した。
⑤ 散水設備のノズルが下向きだったので、中和効果が薄く、アンモニアガス漏えい検知器の警報が発報した。
⑥ このため、近隣プラントへ待避を指示し、アミン課長より、防災センターに消防車の出動を要請した。
⑦ その後、防災センターより、消防本部へ通報。自衛消防車から放水を開始し、固定散水設備からの散水を停止した。
⑧ 脱圧の結果、漏えいから約 2 時間後に漏えいが止まった。
⑨ 漏れ量は、開口部の断面積から流量を推算し、約 51m3(標準状態)と算定した。

事故原因

① 塔頂ノズルフランジが漏えい箇所であり、平成 19 年 7 月の工事において、本来使用すべき渦巻きガスケットではなく、シートガスケットを誤って使用していた。
② チャンネルカバーに取り付けられた塔頂ノズルは、内面腐食のため、H19 年 7 月の定修工事で更新修理した。ノズル更新後、チャンネルカバーとノズルに仮設のふた板をして、耐圧・気密試験を実施した。
③ このとき、塔頂ノズルフランジのガスケットにはテスト用としてシートガスケットを使用した。
④ テスト終了後、分解塔本体に組み付け、塔頂ノズルと既存配管と接続する際に正式な渦巻きガスケットへ交換して、総合気密試験の後に運転を再開する予定であった。
⑤ ところが、テスト用のガスケットと本設用のガスケットの種類が異なっていることについて、工事業者への徹底が不充分であり、その後の事業者による確認も不充分であった。
⑥ このフランジは、締め付け管理の対象とはなっていなかった。
⑦ ガスケットの材料分析を行った結果、材料劣化が判明した。配管側フランジのガスケット当たり面内面側が腐食していたことから、この位置は、渦巻きガスケットの内輪寸法とほぼ等しい箇所である。

⑧ 塔頂フランジは、配管の揺れなどによる曲げ荷重を受けるので、ガスケット面圧が変動する箇所である。事故後、ボルト締め付け力の測定値にはばらつきが確認された。漏れ箇所はガスケットが切れていることもあり、締め付け力が最も小さかった。

⑨ ガスケット当たり面の腐食、および、配管の揺れなどによる曲げ荷重を受けやすい部分で、本設と異なるシートガスケットが内部流体により劣化し、一部が欠損して、アンモニアガスが漏えい、噴出したことが事故の原因と推定された。

再発防止対策

① 塔頂ノズルフランジは、正規の渦巻きガスケットにて復旧する。

② ガスケットの取り替えを含む工事で、ガスケット仕様が複数混在する場合は、工事仕様書に特記する。

③ ガスケットチェックリストを作成し、工事業者の誤使用を防止する。

④ 施工後の気密試験時、設備管理部門、運転管理部門により、ガスケットチェックリストに基づいて確認する。

⑤ 事故発生から消防機関への通報が 56 分経過していた。通報遅れとなり、異常時対応が不充分であったことから、事業所全体に異常時の対応教育と訓練を行って、徹底する。

教訓

① 定修工事に使用した部品リストには、分解塔の全てのガスケットが記載されているが、一部の使用先が未記入であった。部品リスト、チェックシートの「漏れ」は作業ミスにつながり、事故の元である。

② 塔頂ノズルフランジには本来の渦巻きガスケットが使われず、工事終了後も余っていた。このガスケットの手配、管理は、協力会社が行っていたが、工事の際、払い出し数、在庫数のチェックに注意を払う必要がある。

③ この配管ラインには、種類の違う複数のガスケットが使われている。誤使用を防止するには、同一種類のガスケットに統一することが望ましいが、不可能であれば、工事中の念入りなチェックが不可欠である。

④ 異常時の通報連絡体制、情報の流れなど訓練を通じて検証しておく必要がある。緊急時に、緊急連絡が滞る場合がある。通報責任のある者が現場確認、現場対応を急ぐあまり、通報が遅れることがある。目の前の問題に注力しすぎず、全体としての動きを把握する。現場対応と並行して、「先ず通報」を心がける。

⑤ タワーなどの塔頂配管は、圧力変動、揺動、地震動などの外力の影響を受ける。トップフランジの締結は慎重を期し、配管サポートなども検証すべきである。

⑥ 危険性が顕在化している「仮設」の安全確保を念頭に置かなければならない。工事の際には、仮設と本設の双方の仕様の違いを確認するとともに、工事ミスを防ぐ上からは、仮設であってもガスケットなどは同一仕様のものを使用することが望ましい。

備考

事故調査委員会

写真・図面

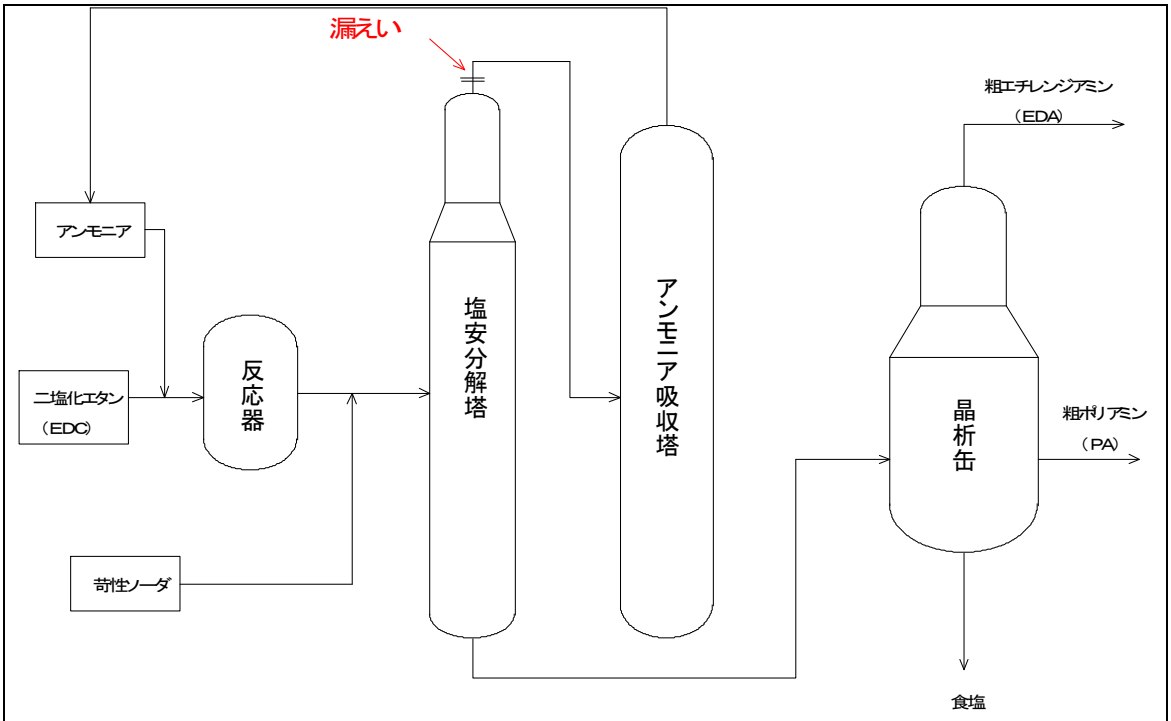


図１　フロー概要

写真１　分解塔の塔頂部

写真 2　漏えいしたフランジ部

写真 3　ガスケットの状況

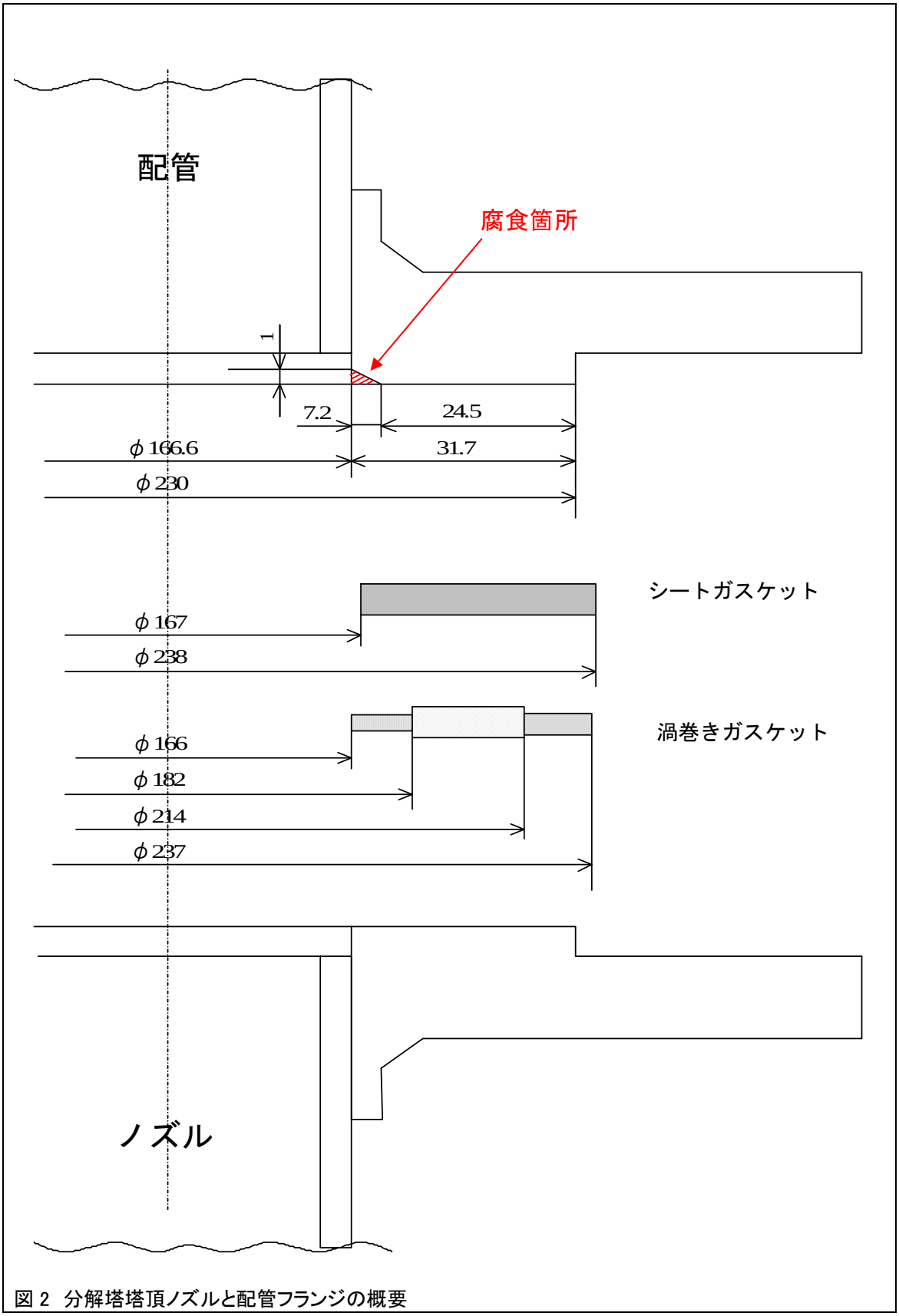


図 2　分解塔塔頂ノズルと配管フランジの概要

2.1.4 ブロータンクの座屈

整理番号	事故名称		
2008-272	ブロータンクの座屈		
事故発生日時	事故発生場所		
2008-4-11(金) 19 時	神奈川県川崎市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
液化アンモニア容器充てん設備	ブロータンク	SUS304	Di1200mm×H 約 4m ×t3mm
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
アンモニアガス	-	0.108MPa	35℃

被害状況

アンモニア充てん残液の回収処理作業において、バルブ操作を間違えたため、ブロータンクが真空状態となり、座屈して割れが発生し、アンモニア水が漏えいした(人的被害なし)。

事故概要

① 液化アンモニア容器への充てんが終了すると、充てんホースに残った液化アンモニアの残液をブロータンク(V-21)へブローしてガス化したのち、下流の吸収槽(V-22A/B)で、アンモニアガスを水に吸収させてアンモニア水として回収している。
② 事故当日、容器の充てん作業が終了したのち、アンモニア水を製造する吸収槽 B を吸水槽Aに切り替えるため、一連のバルブを操作した。
③ このとき、バルブの操作手順を間違えたので、ブロータンクに水が入ってしまい真空状態となって、内側へ変形(座屈)して割れが発生した。
④ 作業者があわてて、バルブを元に戻したため、吸収槽 B からアンモニア水が逆流して、割れ箇所からアンモニア水が漏えいした。
⑤ 直ちにドラム缶へ抜き出すなど回収作業を実施し、約 3 時間後に回収作業は終了した。
⑥ この事故では、通報遅れが指摘された。

事故原因

① 原因は、ブロータンク下流側にある吸収槽 B からAに切り替えるバルブ操作の手順を間違えたことである。
② この結果、吸収槽 A 内の稀薄アンモニア水がブロータンクに流れ込んだ。
③ ブロータンク内ではガスアンモニアが急激に水に吸収されたことにより、真空状態となり、タンクが座屈した。
④ 変形に驚いた作業員が、吸収槽のラインアップを切り替えて操作前の状態に戻したため、真空状態のブロータンクと吸収槽Bの21%アンモニア水が配管で接続された状態となった。
⑤ この結果、大量のアンモニア水がブロータンク内に流入したことにより、座屈によって発生した溶接部の割れ箇所からアンモニア水が漏えいした。

再発防止対策

① ブロータンクを真空仕様(t3mm→t8mm)に変更する。
② バルブを誤操作した場合でもブロータンクへの逆流を防ぐ目的で、ブロータンク出口配管の高さを見直し、さらに逆止弁を設置する。
③ 吸収槽の配管ラインには、減圧解消用のブリーザ弁を設置する。
④ 運転指針の全体的な見直しと教育による周知徹底を図る。
⑤ 事業所全体として、事故発生時には、すぐに 119 番などへ通報する連絡体制を確立する。
⑥ 関連事業所へ、水平展開を行う。

教訓

① 一連のバルブ操作は、体系立てたマニュアルとして整備されておらず、手順は A3 版のフロー図に示されていた。その図に基づき、操作に慣れるまで運転員を教育する。その後は、繰り返し教育はしていなかった。ミスを防ぐには、基本に忠実な作業をおこなうため、教育、訓練の継続が必要である。

② 一つの人的ミスが最悪ケースに至らないようにするため、ハード、ソフト両面で潜在危険の評価を行い、対策を検討して改善を図る。安定運転を目指すためには、ハード、ソフトのメンテナンスも重要である。

③ 以前から、アンモニア吸収槽の液面が徐々に上がって高低差を生じていたことを運転員が認識していた。疑問に感じてはいたが、現象の追究までしなかった。結果的に、吸収槽の液面を越えて、さらに配管内の液面が上昇してしまい、ブロータンクへ水が移動する事態となった。事故を防止するには、慣れた作業に潜む危険をいかに抽出できるかが鍵となる。普段から報告・連絡・相談ができる体制作りが重要である。

④ マニュアルは、頭にはいると見なくなる。手慣れてくるとミスを犯すことがある。現場に、バルブ操作手順を明示するなどの工夫が必要であるが、空いている場所ではなく、必ず、見る場所に掲示することがポイントである。

⑤ 事故の教訓を後世に残すため、発災した一部でも切り取って保存して欲しい。

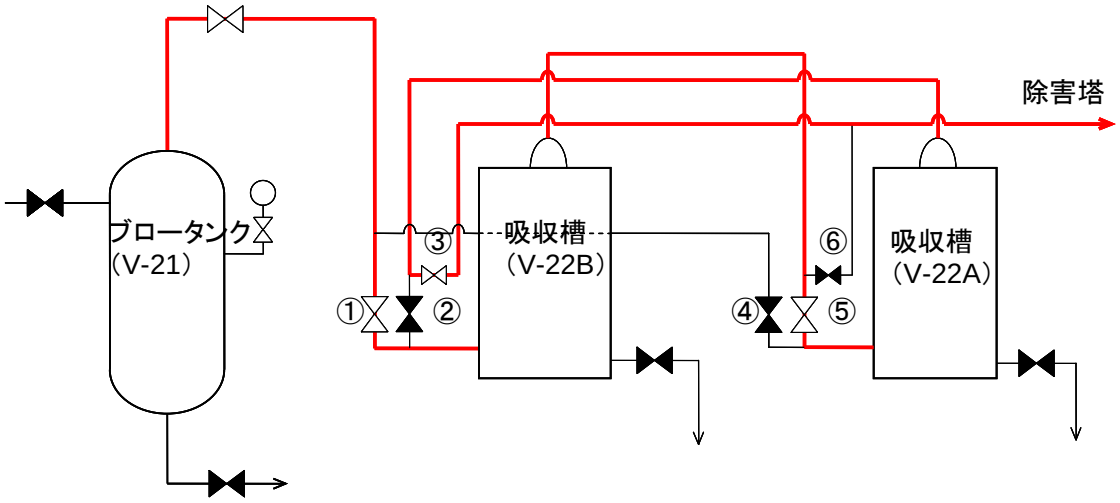
⑥ いざというとき、緊急通報を確実に発信させるためには、日頃の訓練が有効である。異常があったら、先ず行うことは何か。常に念頭に置き、訓練を積み重ねて欲しい。

備考

事故調査委員会

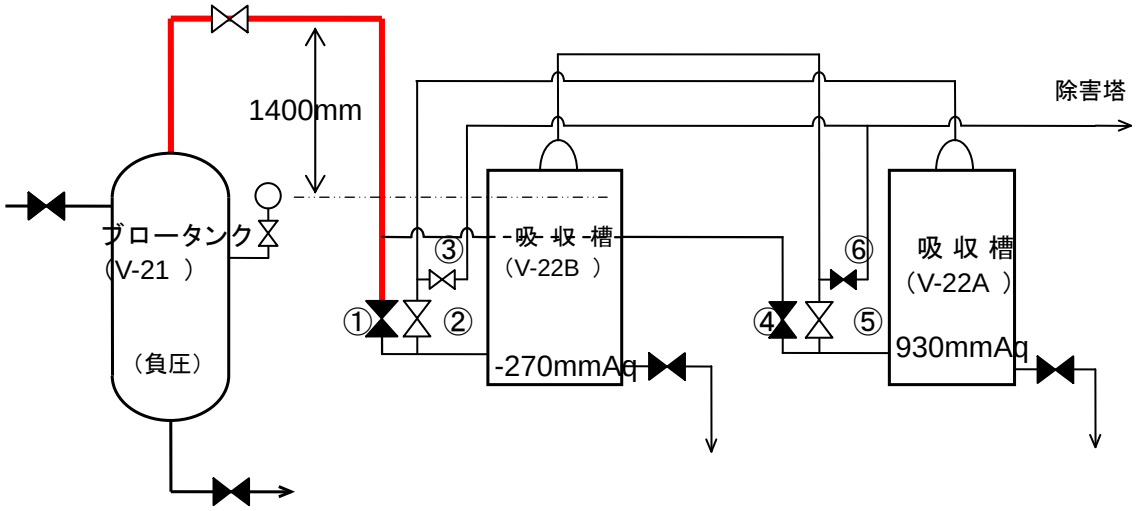
写真・図面

①



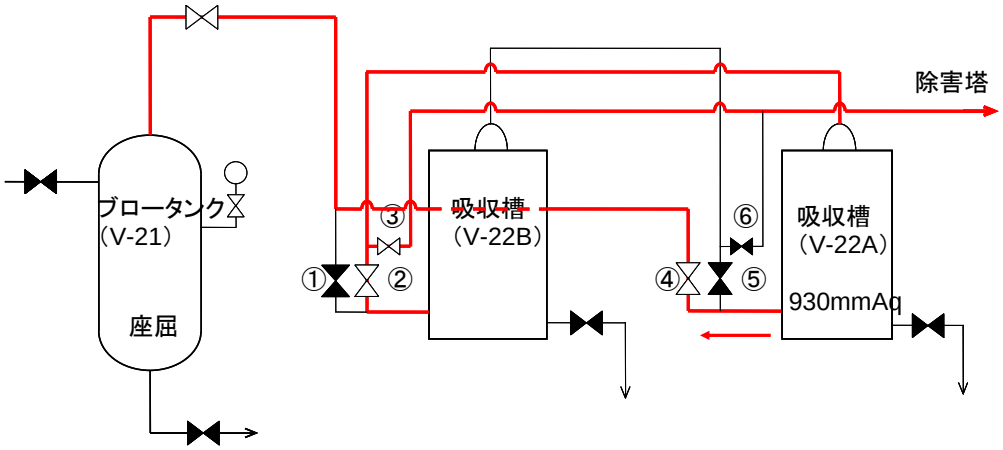
16 :00 、V-22B 21 %アンモニア水4m^3 、V-22A 稀薄アンモニア水3m^3
18 :50 、V-22B のアンモニア濃度が上がったので、V22-B からV-22A に切り換えようとした(アンモニアの吸収に伴って、水が移動し、V-22B 21 %アンモニア水5m^3、V-22A 稀薄アンモニア水2m^3 となっていた。)
通常では、V-22A を均圧してから(→⑥弁開、④弁開)、V-22B を単独化し(→①弁閉、⑤弁閉)、V-22A の吸収槽に切り替える。V-22B のアンモニア水は製品として出荷する。

②



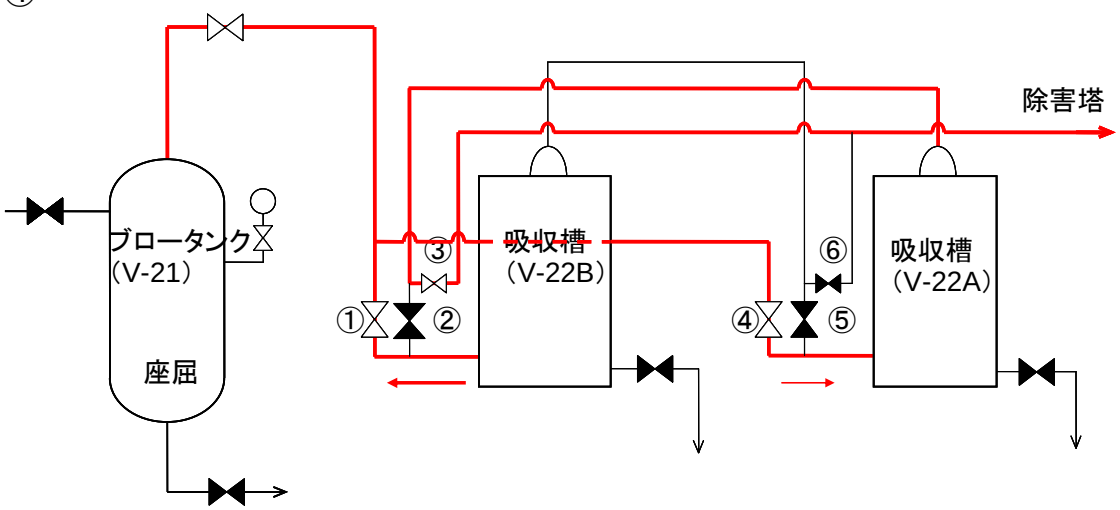
ところが、操作ミスでV-22A を均圧する前に、V-22B を切り離した（①弁閉、②弁開）。
V-21 から①弁ラインは、アンモニアガスが存在し、21 %アンモニア水は未飽和のため、配管内で吸収され配管内液面を上昇させる。このため、V-21 の圧力は、アンモニアガス吸収により低下する（圧力は、液面高さから推定計算値）。

③



次に、V-22A をラインアップ（④弁開、⑤弁閉）したので、V-22A のヘッド圧により、未飽和の水が配管の最高点を超えて、V-21 へ逆流した。このため、V-21 では、一気にガスアンモニアが吸収されて真空状態となり、外圧によって座屈した（Di1200mm×t3mm 、SUS304 ）。

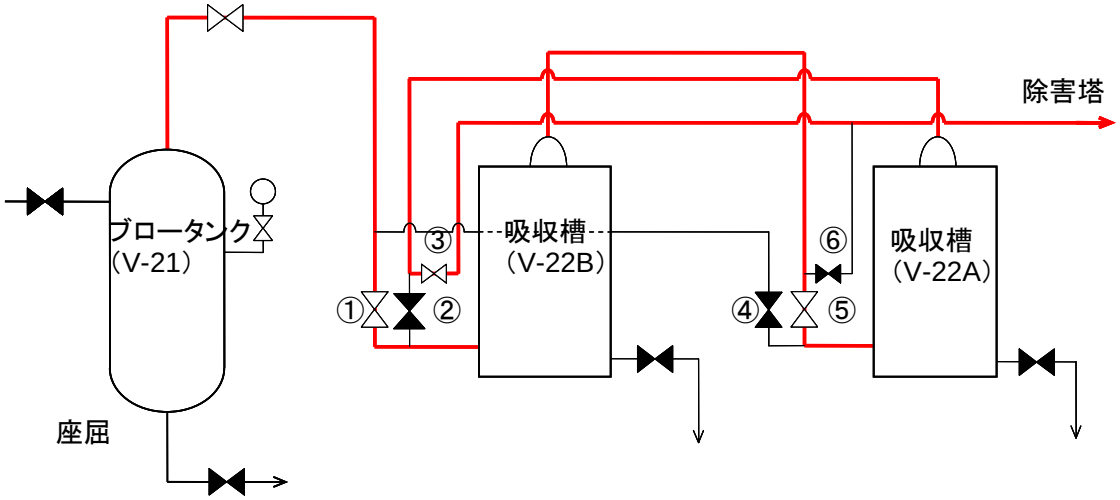
④



V-21 が変形したため、あわてた作業者は、ラインアップを元に戻そうと、瞬時にV-22B を元の状態に戻した(①弁開、②弁閉)。

この操作で、液面の高いV-22B の21 %アンモニア水がV-21 へ送液され、損傷部からアンモニア水が漏えいした。

⑤



V-22B 操作後、一連の動作でV-22A も元の状態に戻した(④弁閉、⑤弁開)。

事故後:V-22B 21 %アンモニア水4.3m^3 、 V-22A 稀薄アンモニア水2m^3 (V21 へ約0.7m^3 移動)。

写真１　ブロータンクの座屈状況

写真２　溶接線近傍の割れ

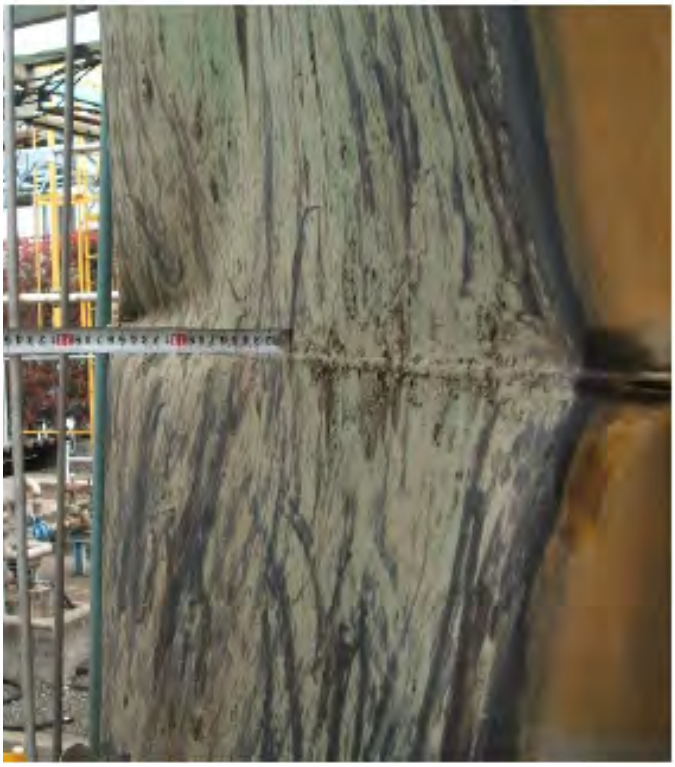


写真 3　変形状況

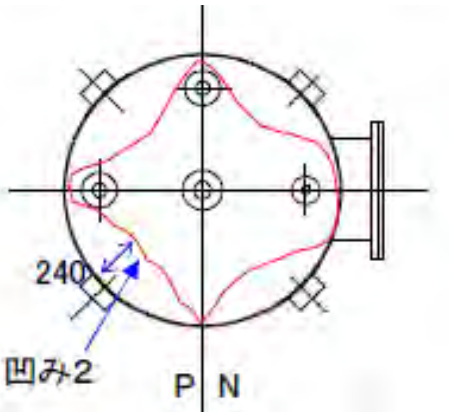


図 1　　変形状況

2.1.5 酸素圧縮機軸シール部付近の溶損

整理番号	事故名称
2008-151	酸素圧縮機軸シール部付近の溶損

事故発生日時	事故発生場所
2008-2-26(火) 9 時 30 分頃	大分県大分市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
高圧酸素製造設備	酸素圧縮機	インペラ:ステンレス鋼 軸シール:銀／モネル	ー

内容物	高圧ガス製造能力(当該機)	常用圧力	常用温度
酸素	1,080 千 m^3/日(Nol.)	2.45MPa	40℃

被害状況

酸素圧縮機において、軸シール部付近及び周囲の配管等が溶損した。(人的被害無し。)

事故概要

2007/12/9

9:09 起動時の定格寸動停止時にアラームが発生した。
→メーカーに相談した結果、異常無しと判断された。

10:30 作業手順書に示されている寸動を実施せずに再起動したところ、2 段軸振動増加のため手動停止した。
→再度メーカーに連絡し、2 段軸受けの点検を実施したが、異常無しと判断された。

2007/12/10

作業手順書通りに再起動し、問題は無かった。

2008/2/20

サージング発生により、インターロック動作にて停止した。目視点検後、異常無しと判断され再起動し、問題は無かった。

2008/2/26

9:30 圧縮機の 2 段目において垂直軸振動のアラームが発報し、直ちに非常停止措置がなされた。

9:31 2 段目吐出温度が異常高となり、アルゴンガスの自動吹込みが開始された。ほぼ同時に、火災報知器が発報した(←煙感知器が作動)。

9:35 作業員が現場に到着し、上部からの煙が確認された。

10:03 - 10:06 散水冷却が実施された。

事故原因

①事故の原因は、起動操作前の寸動を実施しなかったためであった。

- 寸動の目的に対する認識不足から、寸動未実施に対する影響が想定できていなかった。(寸動の目的:構成部品(軸、インペラー)の温度差に起因する残留熱たわみによる振動を防止するため、ローターの危険速度に至らない回転数で停止させ、機内のガスを撹拌し、ローターを均熱化させることが目的であった。)
- 溶損の状況から、軸シール部(ラビリンスシール部)の異常発熱が原因と考えられる。
- 寸動を実施しなかった結果、軸シール部(ラビリンスシール部)が接触し、欠損したフィンが、軸シール部に噛込み発熱・溶損した

②発端と推定される寸動の未実施から、事故発生までのプロセスは、以下の通り推定される。

1)寸動未実施により、熱たわみに起因する振動が発生した。
2)ラビリンスシール部の銀ライナー部に、接触によるバリ、カエリが発生した。
3)バリ、カエリ部の接触が繰り返され、フィン先端に摩擦熱が発生した。
4)サージング発生時にフィン先端が欠損した。
5)欠損したフィンが、盛り上がり銀とフィンの間に噛み込み、フィン同士が摩擦熱により溶解し、事故発生に至った。

再発防止対策

①起動時に、寸動を常時実施するよう、シーケンスを改良した。
②振動レベルに関して傾向監視を導入し、振動レベルの変化があった場合に、アラームを発報するようにした。
③軸シールが接触する振動を検知した場合は、警告を発報し、軸シール部の点検を実施する。

教訓

①圧縮機起動における作業手順が遵守されなかった。決められた要領・手順は遵守しなければならない。
②寸動の目的、効果について、作業員に周知することにより、トラブル防止が期待される。
③メーカーでは、構成部品の熱たわみを懸念して、本圧縮機の寸動を推奨していた。ヒューマンエラー防止の観点から、手動ではなくシーケンスを組む等により、設備の導入当初から自動化しておくべきであった。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

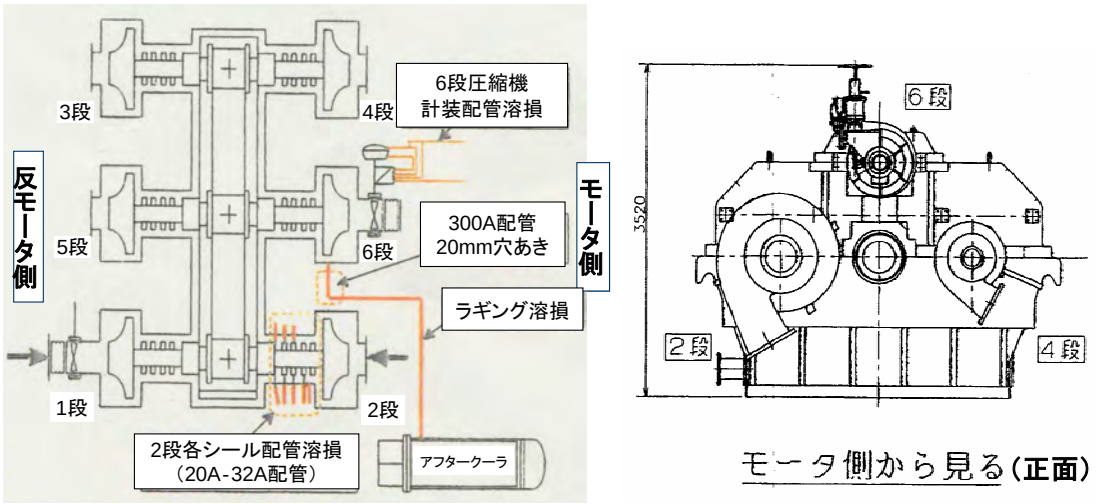


図 1　酸素圧縮機概略図

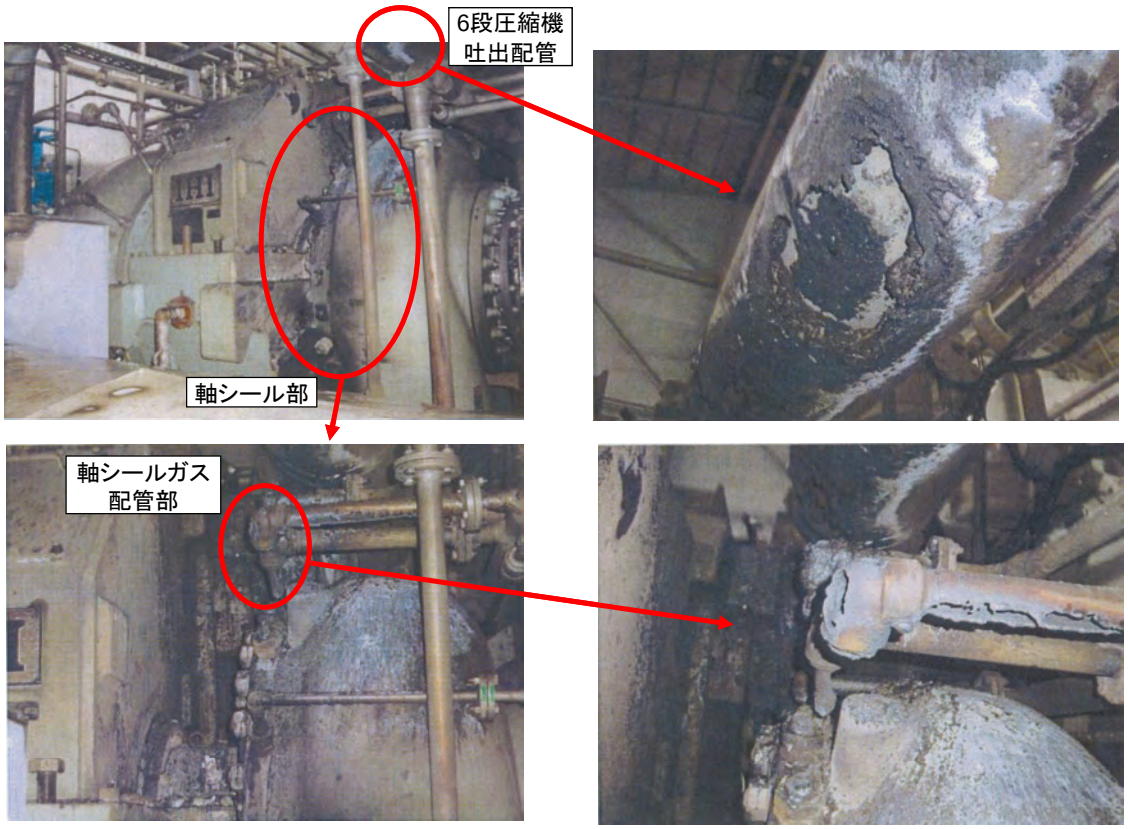


写真１　圧縮機側面写真（事故直後）

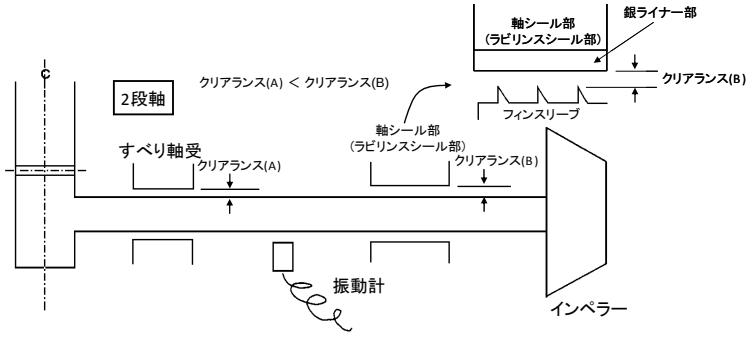


図２　軸シール部概略図

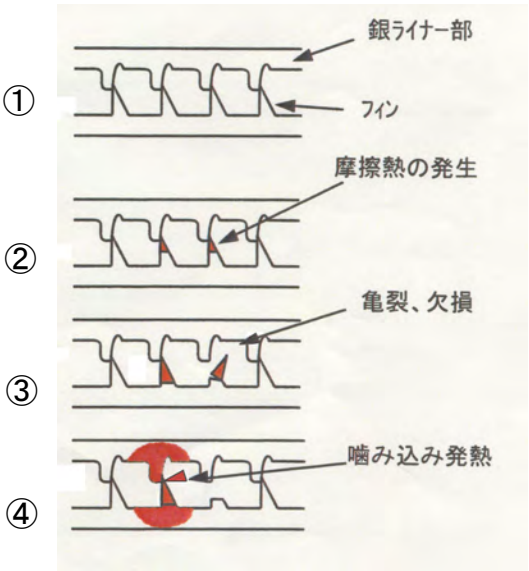


図３　フィン欠損及び摩擦熱の発生イメージ

2.1.6 精留塔からのブタンガス漏えい

<table>
<tr><td>整理番号
2008-095</td><td colspan="4">事故名称
精留塔からのブタンガス漏えい</td></tr>
<tr><td colspan="2">事故発生日時
2008-2-5（日） 9時30分</td><td colspan="3">事故発生場所
神奈川県川崎市</td></tr>
<tr><td>施設名称
イソブチレン抽出装置</td><td>機器名
精留塔</td><td>主な材料
胴板 SM41B+
モネルクラッド</td><td colspan="2">概略の寸法
ID 1400mm×t17
mm×H 約 30m</td></tr>
<tr><td>高圧ガス名
ブタンガス</td><td>高圧ガス製造能力（全）
約 3 億 m^3/日</td><td>常用圧力
0.5MPa（塔底）</td><td colspan="2">常用温度
127℃（塔底）</td></tr>
<tr><td colspan="5">被害状況
定期パトロールにおいて、精留塔塔底部の保温板金の隙間から蒸気がでているのを発見したので開放したところ、胴板が腐食で開口していた（人的被害なし）。</td></tr>
<tr><td colspan="5">事故概要
① 定期点検パトロールにおいて、運転員が精留塔塔底部の保温板金の隙間から、少量の蒸気がでているのを発見した。
② 周囲のガス検を実施したが、可燃性ガスの爆発下限界以下であった。
③ その後、運転停止を決定し、所定の操作および 3 時間毎に現場を巡回して安全を確認しつつ実施した。
④ 2/6 運転停止完了
⑤ 2/7 パージ終了後に塔底部の開口を確認した。</td></tr>
<tr><td colspan="5">事故原因
① 開口部は、精留塔の#1 トレイと#2 トレイの間のシェル溶接線下部約 130mm の部分で、約φ25mm であった。
② 開口部を中心に肉厚測定の結果、クラッド材のモネルおよび炭素鋼部分に著しい減肉があった。
③ その周辺部（約 1m×1.5m）では、モネルの減肉が散見されたが、炭素鋼部分までは至っていなかった。
④ 耐酸レンガ内面を目視確認したところ、耐酸レンガの損傷および目地の著しい劣化は認められなかった。
⑤ 開口部の外部から、エアーで微加圧テストを実施したところ、開口部と同じレベルの側壁レンガ本体および目地部分からカニ泡を確認した。
⑥ この精留塔は、フィード中の微量の硫酸共重合物をスチームで熱分解することにより生成した硫酸を苛性ソーダで中和する目的を持ち、劣化要因として硫酸腐食およびアルカリ腐食が発生する。
⑦ 温度の高いボトムセクションでは腐食が顕著となる。 そのため、材質には耐酸・耐アルカリ材料であるモネル材をクラッドとして使用し、その上シェル内面には耐防食性向上の目的で耐酸レンガを施工（ボトム 2 層、トレイ以上 1 層）している。
⑧ 過去の開放検査において、精留塔の#1 トレイ下流側のボトムセクションでは、耐酸レンガおよび目地の劣化状況を目視で検査を実施して、ボトムセクションでは目地の劣化を確認しており、レジン注入を含む目地の補修を実施していた。
⑨ 一方、トレイセクションは、モネル材トレイ（#4、#5トレイ）の腐食および耐酸レンガの目視検査の結果、健全と判断してきたことから、レジン注入などは行っていなかった。
⑩ 開口部の腐食は、目視では検出できない耐酸レンガおよび目地の損傷部分からレンガ裏面へ腐食性の強い内部流体が流入し、モネルクラッド材が腐</td></tr>
</table>

食し、最終的に炭素鋼の胴板が腐食・開口したものと推定した。

再発防止対策

① 開口部とその周辺の減肉範囲を切り抜き、別材により溶接補修の上、モネル材をライニング施工する。
② C.S の減肉部は、肉盛り補修し、モネルの減肉部はライニング施工する。いずれもレンガ施工後にレジン注入を行う。
③ 定期的な目地の予防補修の実施
トレイセクションもボトムセクションと同様に定期的にレジン注入による目地の予防補修を実施する。
④ レジン注入効果の確認
トレイセクションの肉厚測定を実施し、レジン注入の効果を確認する。
⑤ 保全プログラムへの反映

教訓

① レンガ下の腐食状況を確認するため、レンガを剥がすべきか、剥がさないで判断するには、どこをどのような方法で検査するのが適切なのか、十分な検討と検証が必要である。
② ボトムセクションは S53(1978)年に耐酸レンガを二重積みにして強化したが、トレイセクション以上のレンガ積みは、一重のままであった。ボトムセクションとトレイセクションでは、腐食要因が異なっていたが、トレイセクションのレンガと目地の損傷状況、母材の腐食状況の把握にも注視すべきであった。
③ トレイセクションでは、レンガの損傷も見あたらず、温度が低いことから、腐食状況が比較的マイルドであると判断して、レジン注入は行わなかったようであるが、レンガだけではなく、母材の腐食状況なども確認して総合的に判断すべきであった。
④ クラッド溶接部分には、防食性の観点から、内面側に幅 60mm×t3mm のパッチを当てていた。このため、耐酸レンガとの間に隙間が生じていた。建設当初は、きちんと目地被覆されていたが、いつしか劣化してきて、その状況が見逃されていた。建設当初の設計思想、施工思想が運転後も引き継がれ、それが維持されているかどうか、確認しなければならない。

備考

事故調査委員会

写真・図面

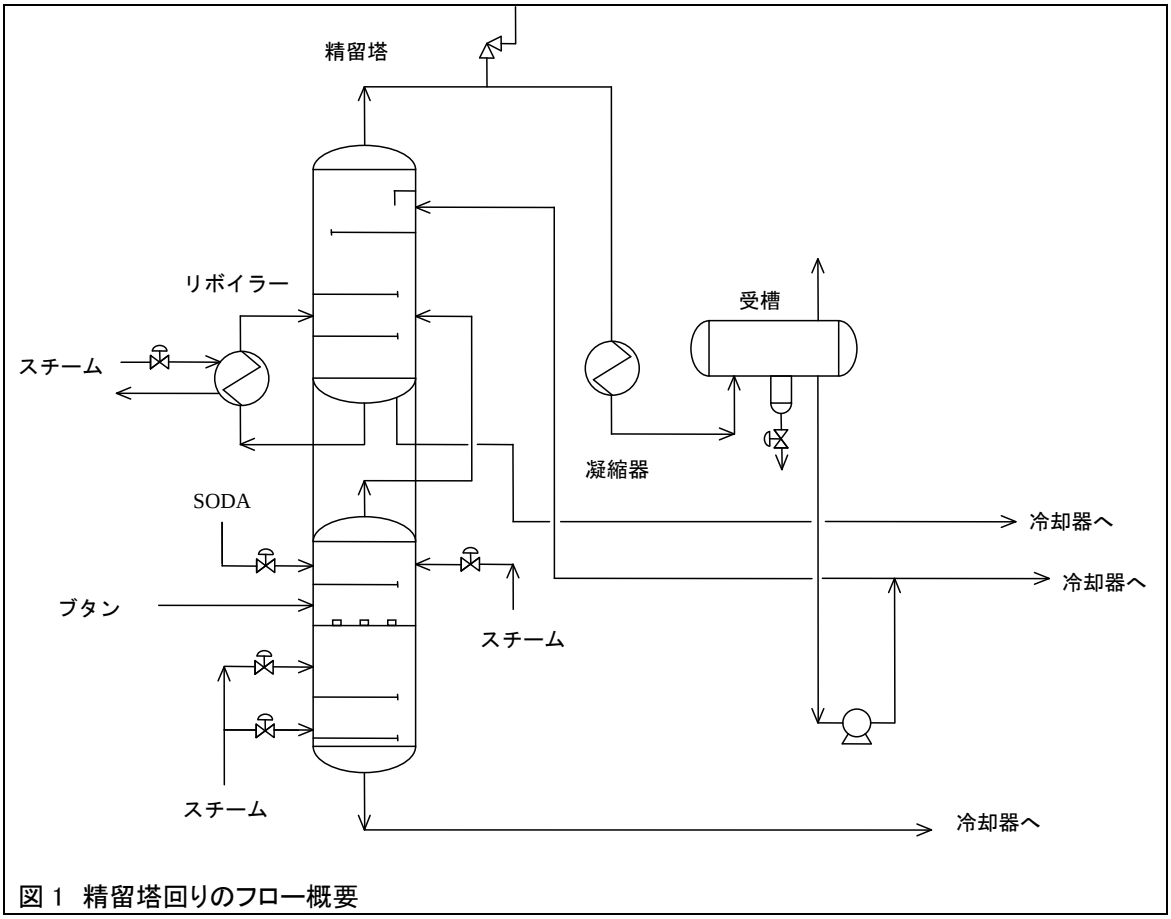


図１ 精留塔回りのフロー概要

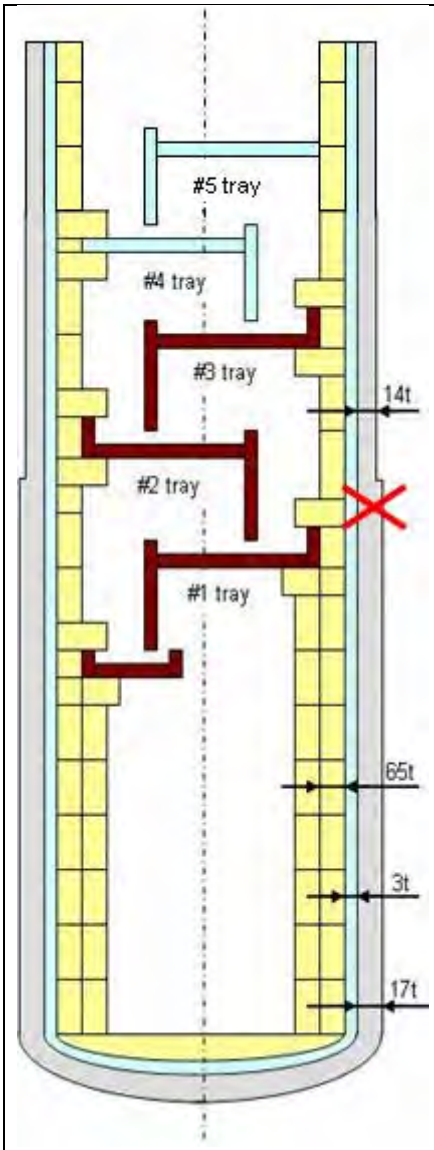


図 2 精留塔の発災部の概要

- 設計圧力:720kPa
- 設計温度:160℃
- 材質:クラッド(SM41B+モネル)＋耐酸レンガ(t65)
- 使用開始:1973年(使用年数35年)。

写真 1　開口部の状況

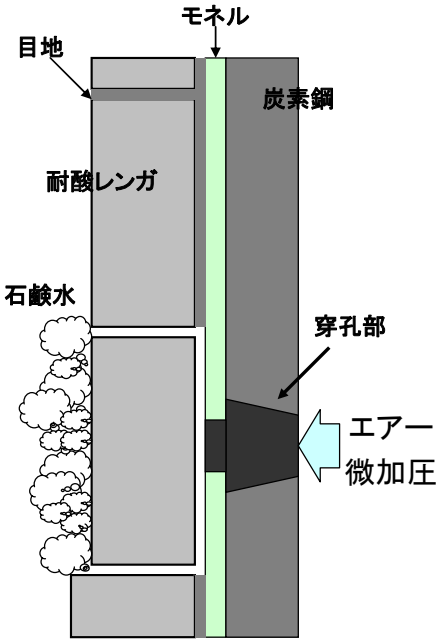


図 3　耐酸レンガの微加圧テスト

2.1.7 圧力計サイフォン管（ピグテール）からの漏えい

整理番号	事故名称		
2008-325	圧力計サイフォン管(ピグテール)からの漏えい		
事故発生日時		事故発生場所	
2008-5-28(水) 14 時 00 分頃		愛媛県	
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
LP ガス充てん設備	液相ポンプ吐出出口、圧力計配管	STPG38（10A Sch40）	外径:短軸 14mm、長軸 19mm 肉厚:2mm

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
窒素(気密試験中)	約 420 千 m^3/日 (Nol.)	1.77MPa	常温

被害状況

気密試験中、ピグテールに割れが貫通し窒素ガスが漏えいした。(人的被害なし)

事故概要

LP ガス充てん所において、気密試験を実施するため、常用圧力(1.77MPa)まで昇圧させ、圧力を保持していたところ、液相ポンプの吐出配管に設置されている圧力計のピグテールの内側から、窒素ガスが漏えいした(0.7mm の開口)。

事故原因

① 配管の外面には、腐食及び減肉は確認されなかった。
② 割れ部位を強制的に破断させ、電子顕微鏡により破面観察を実施したところ、ラジアルマーク及びストライエーションが確認され、疲労破壊であることが確認された。また、一部に粒界割れとみられる破面も確認された。
③ この配管では、ポンプの吐出に伴い振動が発生(振幅は計測していない。)していた。振動の程度は、触診すると振動を感じる程度であった。
④ 設備の稼動状況としては、容器への充てん、ローリーによる荷役等が実施されており、最大 10 回/日の圧力変動(週 5～6 日稼動)がある。
⑤ このため、主に振動及び圧力変動による金属疲労が、割れの原因と推定される。

再発防止対策

①水平展開として、他のピグテール(13 箇所)について、塗装を剥がし、発泡液を塗布して運転圧力(1.0MPa 程度)による漏えい検査を実施した。
②日常点検において、今まで特段意識していなかったサイフォン管について、意識して検査を実施するようにする。
③今後はピグテールを、順次直管へ変更する。(既に実施済み。)

教訓

①LP ガス充てん所における経年配管では、振動、圧力変動などで、割れが開口し、漏えい事故となるケースがみられる。異常の早期発見、早期対応に努めて欲しい。
②ピグテールは、圧力変動、振動などに起因して劣化の懸念がある。特に、長期間使用の場合には注意が必要である。
③この事例では、漏えい発見直後の記録及び写真が無かった。事故直後の記録、写真は重要な資料となるので、確実に記録を残すことが重要である。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

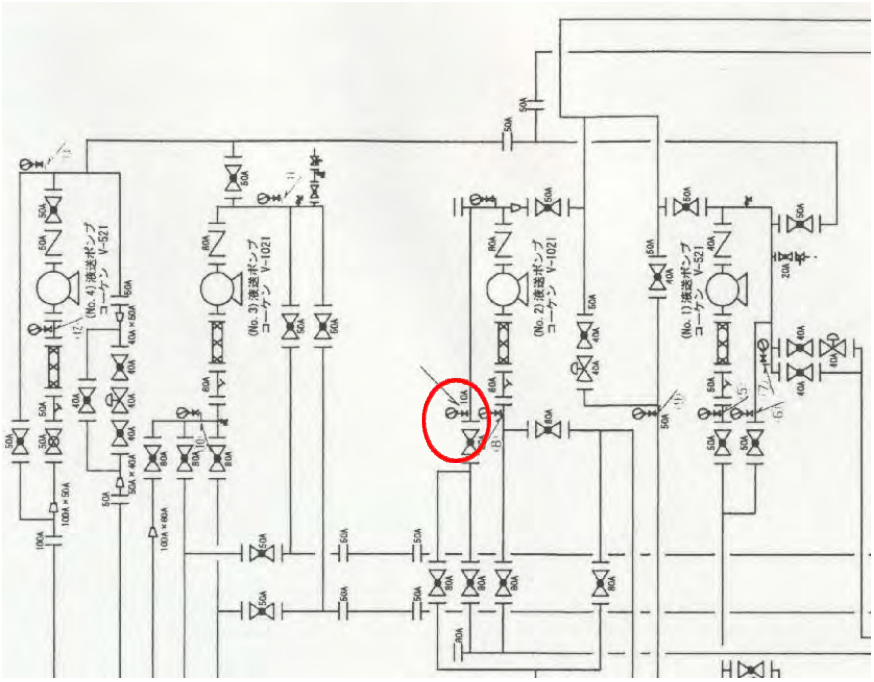


図 1　LP ガス充てん設備フロー

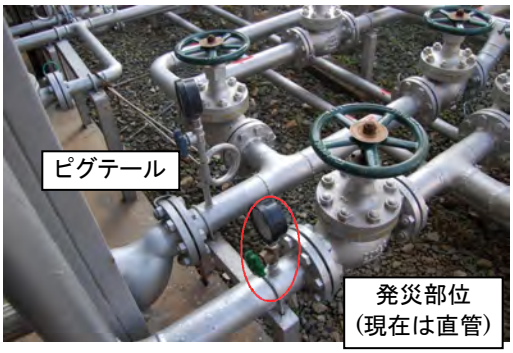


写真 1　漏えい箇所（設備更新後）

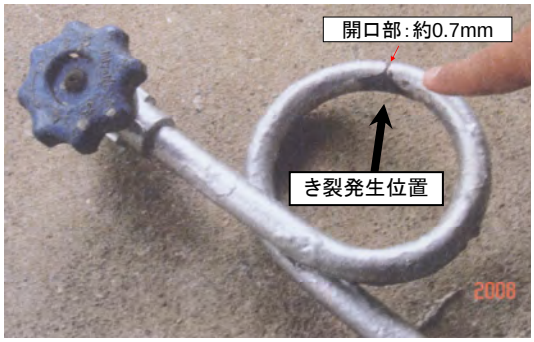


写真 2　サイフォン管（発災直後）

写真 3　サイフォン管全体写真
（開口部付近は破面観察のため切断した後）

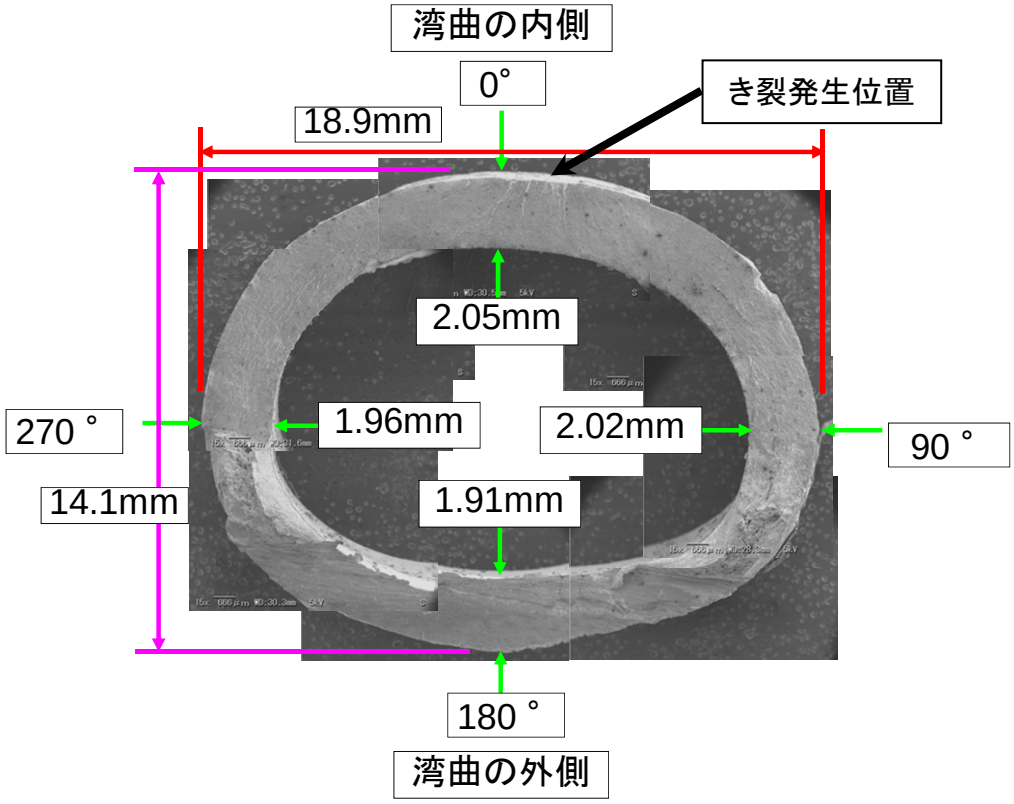


写真 4　破面写真及び寸法

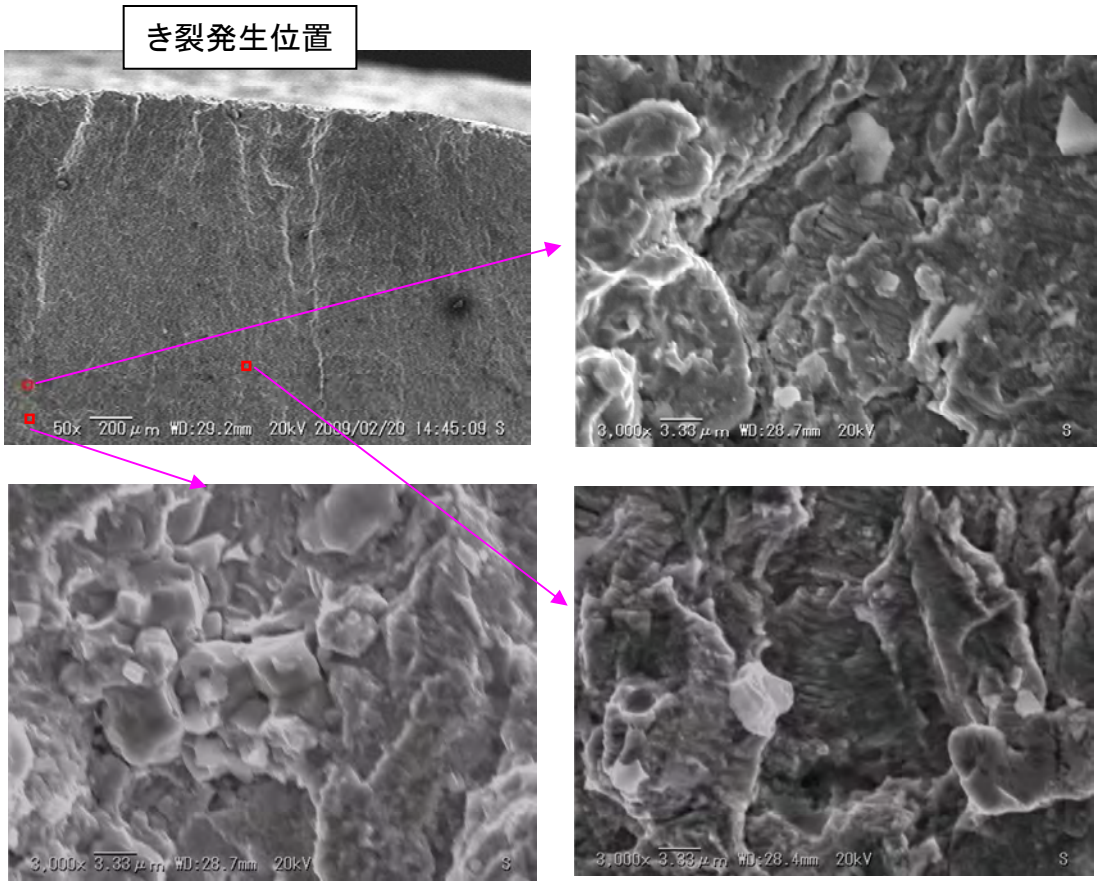


写真 5　電子顕微鏡写真

2.1.8 吸収槽からプロピレンが漏えい

整理番号	事故名称		
2008-362	吸収槽からプロピレンが漏えい		
事故発生日時	事故発生場所		
2008-6-24(火) 8 時 27 分	三重県四日市市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
プロピレン消費施設	吸収槽	SUS304TP	10B Sch.20×H2.3m
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	設計圧力	設計温度
プロピレン	－	1.96MPa	60℃

被害状況

装置のスタートアップ準備中、運転員が流量計に指示が出ているのを確認し調査したところ、吸収槽からカニ泡程度の漏れを発見した(人的被害なし)。

事故概要

① 定期自主検査が終了し、スタートアップ準備中、運転員がプロピレンフィードの前に、ラインにある積算流量計を確認した。
② このとき、流量計のカウンターが継続的に回っていることを発見した。
③ 直ちに原因調査を実施したところ、流量計下流にある吸収槽の下部鏡の 2 箇所より、カニ泡程度の漏れを確認した。
④ 状況を確認した後、直ちに受入元弁を閉止し、漏れを止めた。
⑤ ラインの液抜き取り、窒素ガスによる置換終了後、原因調査を行った。
⑥ 漏れ量は、約98L(液)であった。

事故原因

① 吸収槽の下鏡周方向の全周にわたって微細な点状の欠陥を検出した。
② このうちの 2 箇所は、2mm 以上削っても消滅しなかった。その他は、1.4～1.6mm 研削して消滅した。
③ SUMP の結果、結晶粒界に炭化物が析出して、その部分が選択的に腐食(外面腐食)して貫通していた。
④ 付近の配管を調査したところ、 SUS の裸配管に数ヶ所の腐食が確認された。
⑤ 断熱配管、塗装配管(いずれも SUS)には欠陥は検出されなかった。
⑥ 欠陥検出位置は、G.L+300～+1,400mm の範囲内であった。
⑦ 欠陥からのサンプル採取が困難なので、腐食因子は特定できなかったが、周辺の作業環境および検査結果から、付近にある塩素化合物取り扱い設備から飛散した塩素化合物が腐食の原因であると推定した。
⑧ この取り扱い設備と移送ラインにあるフレキシブルホース(50A)とを脱着する際に、飛散した極微量の塩素化合物粉が、約 2 年間にわたって下部鏡(SUS)の外面に付着したので、粒界腐食が発生したものと推定した。。

再発防止対策

① 2 箇所の貫通部は、欠陥を除去後に肉盛り補修を実施。研削後に管理肉厚を下回った 2 箇所は、肉盛り補修を実施。
② その他は、欠陥除去後にスムージングを実施。
③ 塗装配管には欠陥が検出されなかったことから、SUS 部の全面について、エポキシ系塗装を実施。
④ 年 1 回、腐食発生部およびサンプリング部の塗装を剥ぎ、PT を実施して、腐食状況を確認。
⑤ 開放点検計画に明記して、確実に実施する。
⑥ 積算流量計は、運転停止中の未使用時にも DCS に積算表示させ、未使用時の流量指示値変化に対してのアラームを設定する。

⑦　塩素化合物取り扱い設備の脱着時には、フレキシブルホース接合部付近をブロアー吸引し、塩化物の飛散防止を図る。

教訓

①　構内作業に伴い、飛散した塩化物などが付着することで思わぬ外面腐食を発生させる。冬期走行中のタンクローリの配管が、融雪剤に含まれる塩化物で外面腐食した事例もあるので、作業環境、移動環境の中に起因する阻害要因にも注意と対処が必要である。

②　オーステナイト系ステンレス鋼の溶接部、熱影響部、治具跡など、組織変化によって、塩化物などによる腐食感受性が高くなっている部位があるので、ステンレス鋼といえども腐食に対する注意を払うべきである。

③　作業前、ラインにある流量計の確認（定常作業）が漏れ発見につながった。停止中でも積算流量計の表示確認と流量指示値変化に対するアラーム設定で常時チェックを行うことが望ましいが、頻繁にアラームが鳴っても、確認しないことが当たり前となってしまう恐れもあり、アラーム設定にあたっては注意と周知を要する。

④　外面腐食を防止するためには、1）発生源をしゃ断、2）腐食環境をしゃ断、3）定期的な点検・検査などが必要である。さらに、万が一の際には、4）漏れを早期検知して、影響を最小限に抑えることも必要である。

備考

事故調査委員会

写真・図面

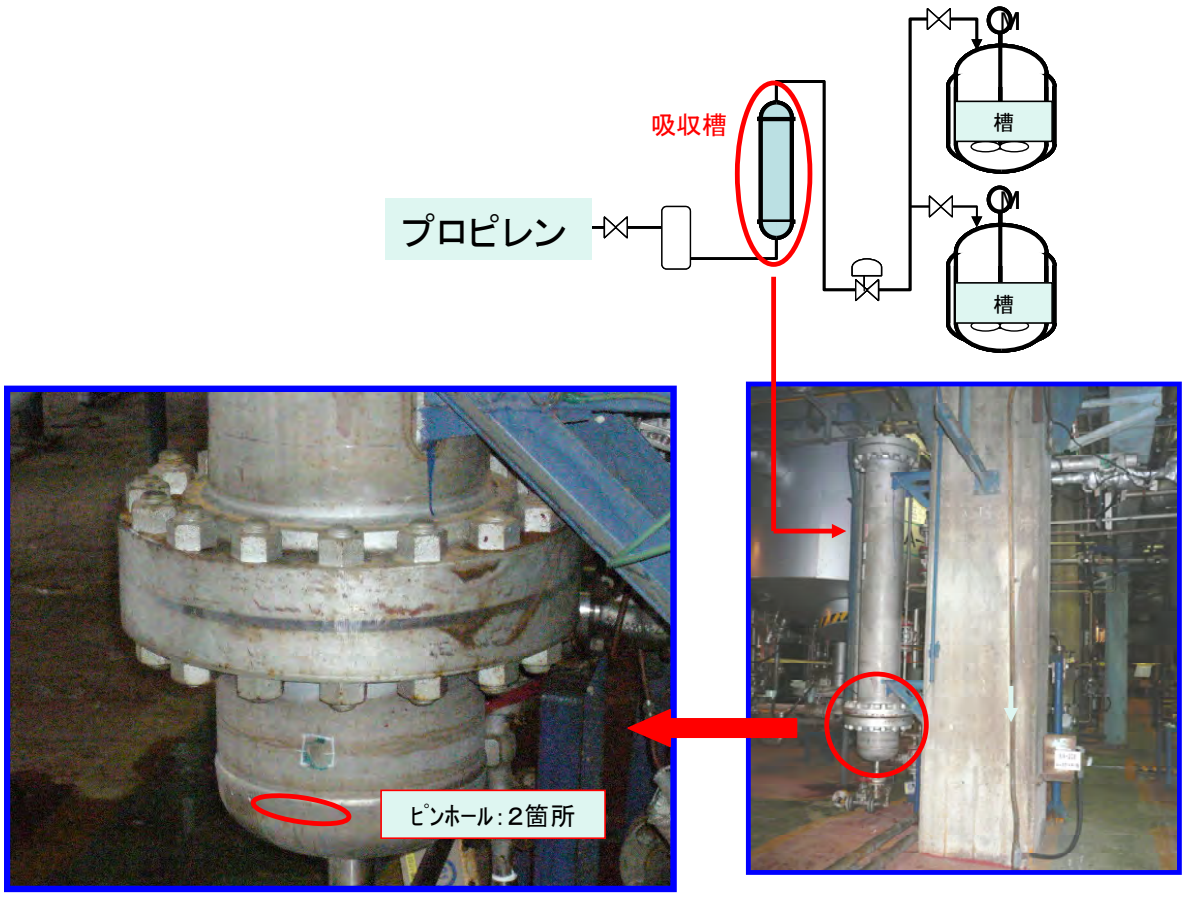


写真１　吸収槽の状況

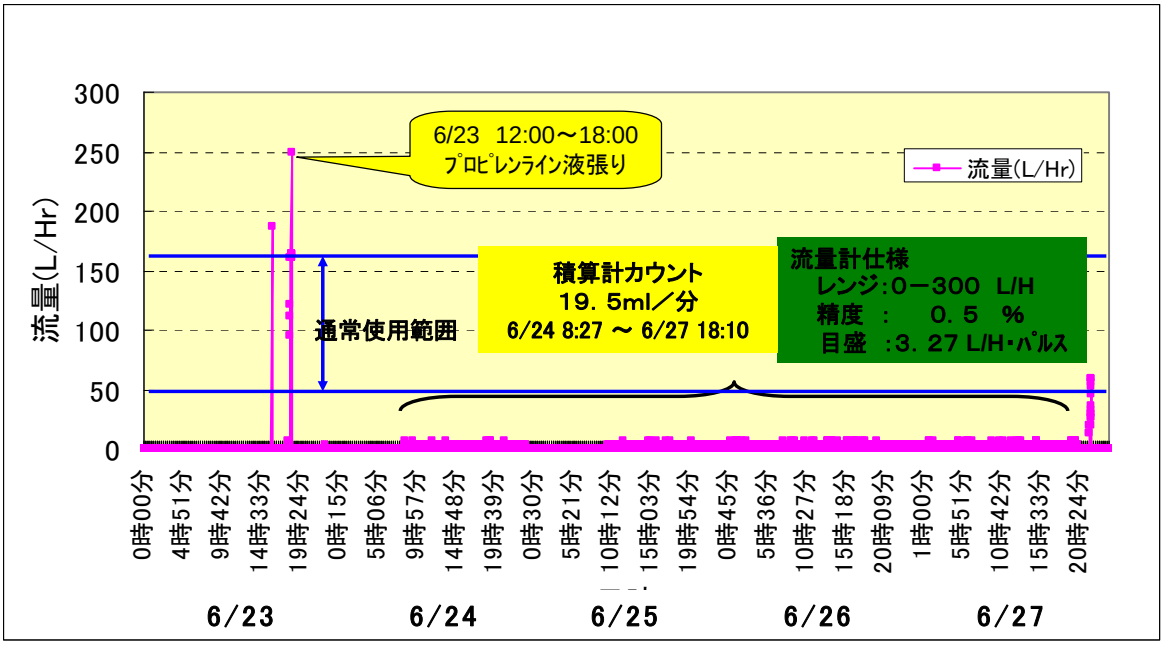


図 1 流量計の指示記録

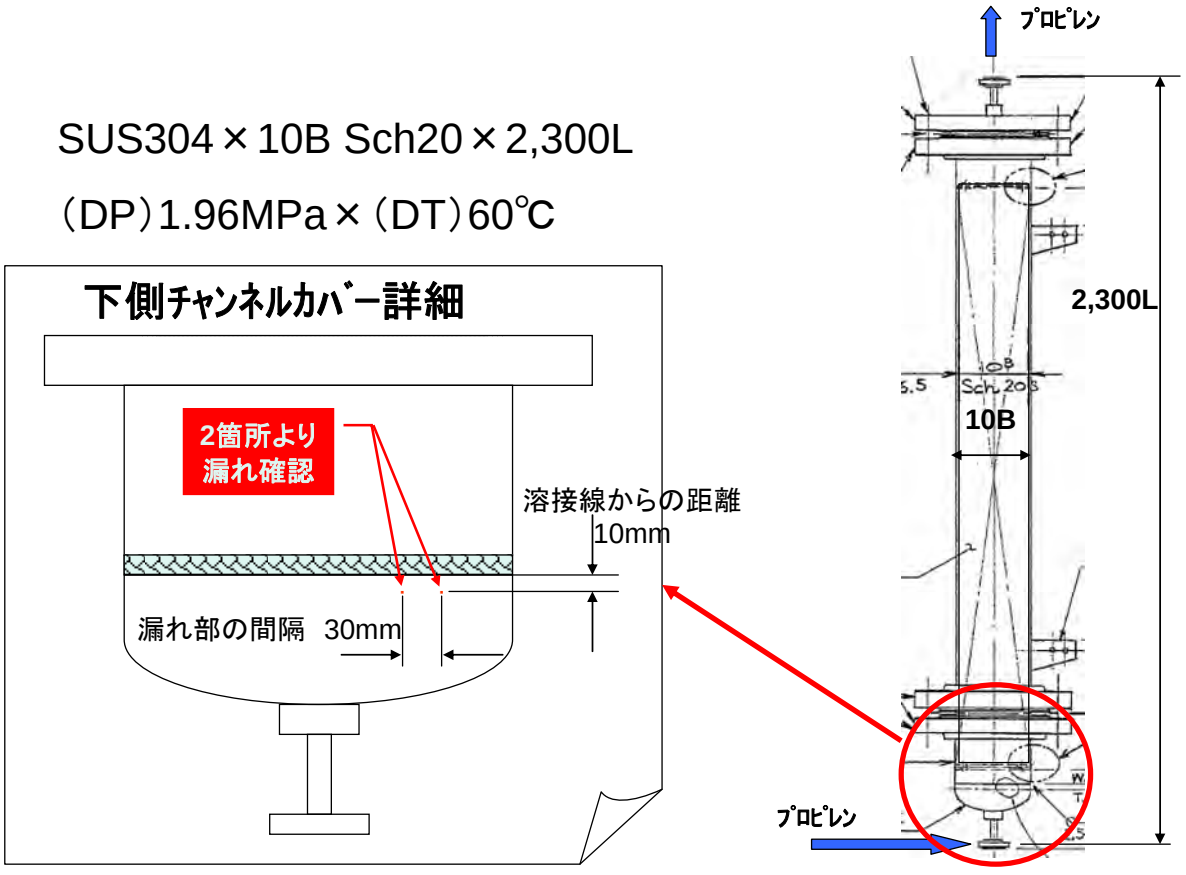
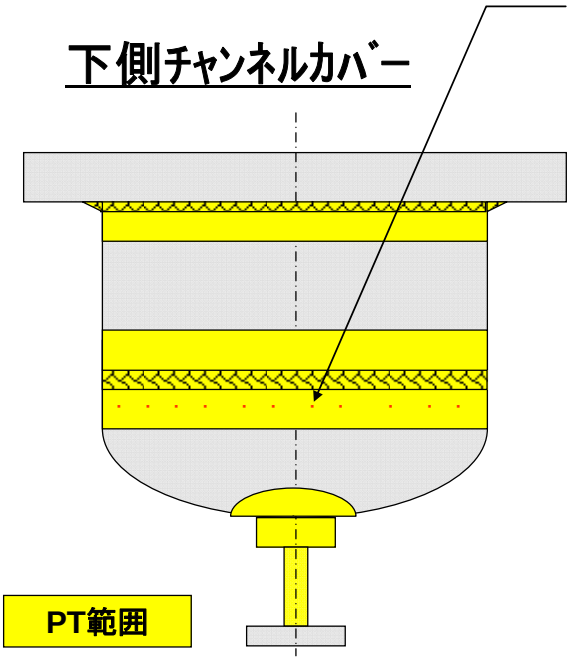


図 2 開口部の詳細

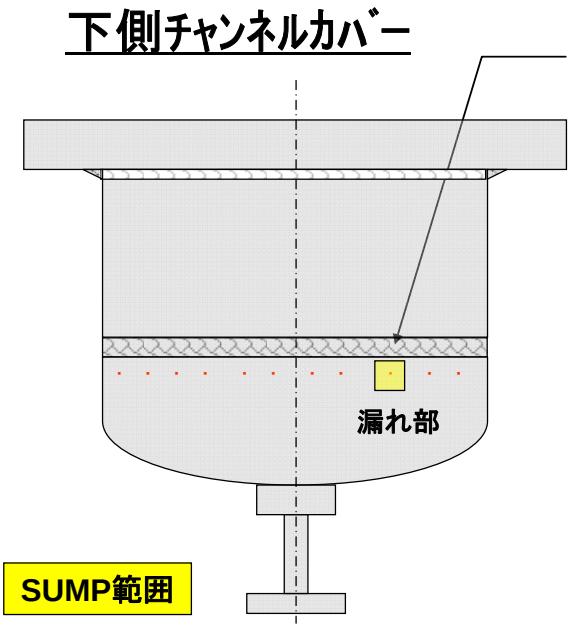


・全周に微細な点状の欠陥検出

・貫通部以外の欠陥の削除結果、2ヶ所を除いて1.4～1.6mmで消滅
元肉厚：4mm、管理肉厚値：2.09mm
4mm－1.6mm＝2.4mm＞管理肉厚値

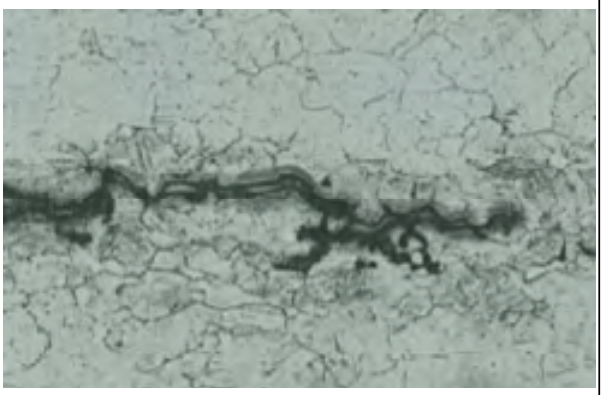
・2ヶ所は2mm以上削っても消滅せず。

図 3　下側チャンネルカバーの外面腐食の状況



SUMP（金属組織検査）

結晶粒界に炭化物が析出しており、
その部分が選択的に腐食していた。



×50倍

図 4　漏れ部の組織検査結果

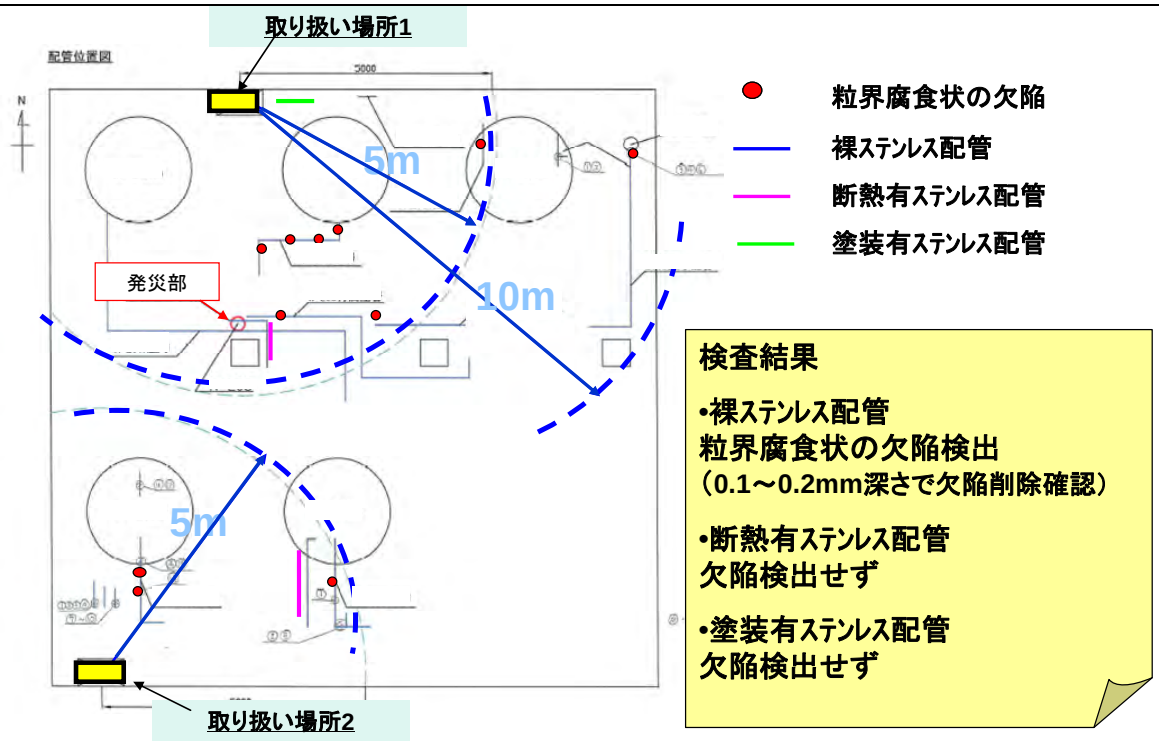


図 5　塩化化合物取り扱い場所の状況

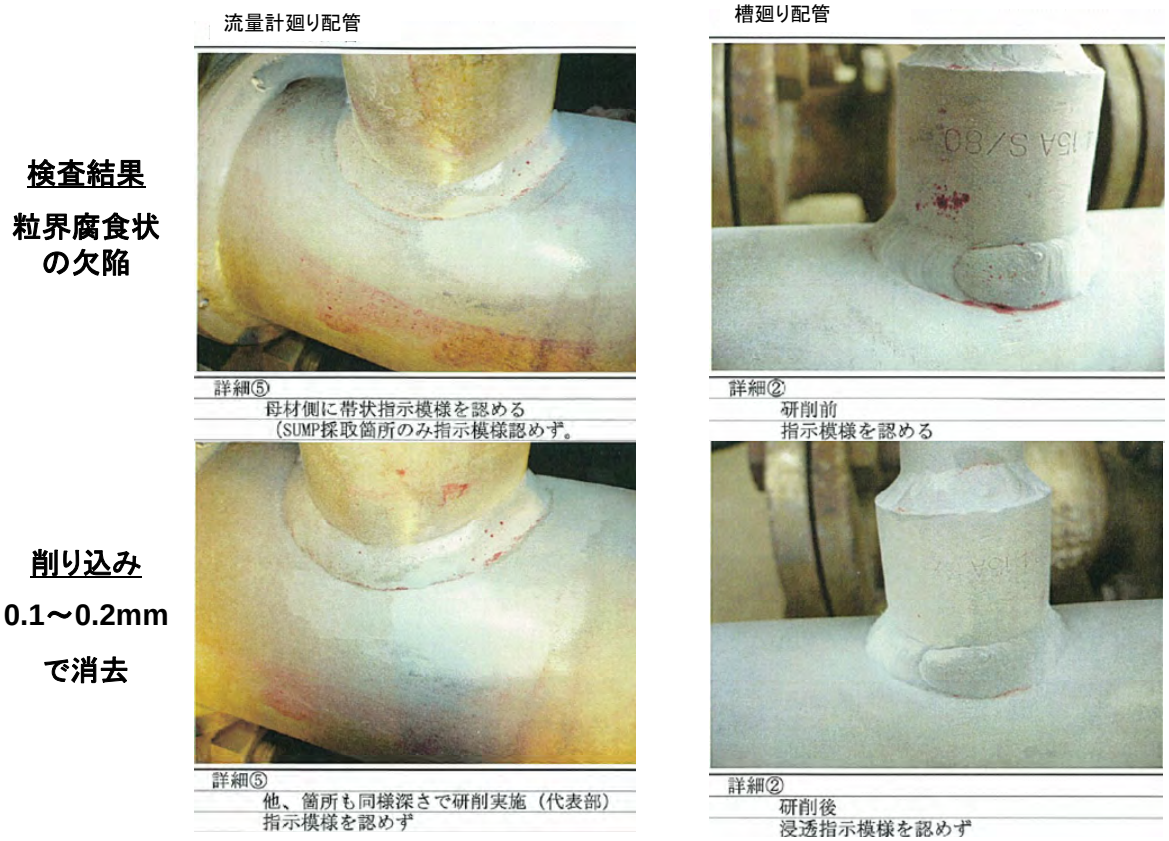


図 6　裸配管のPT結果（代表事例）

2.1.9 アルキレーション装置における LPG 漏えい

整理番号	事故名称
2008-449	アルキレーション装置における LPG 漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2008-7-8(火) 9 時 47 分頃	大阪府堺市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
アルキレーション装置(AK 装置)	ポンプ吐出配管(スチームパージ用配管)	STPG370	2B Sch40(元厚:3.9mm)

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
LPG＋硫酸ミスト	11000 千 m^3/日(Nol.)	2.02MPa	70℃

被害状況

AK 装置のポンプ吐出配管からの枝管であるスチームパージ用配管エルボ部において、腐食により内部流体が漏えいした。(人的被害無し、推定漏えい量:208L)

事故概要

9:41 AK 装置に設置されたガス検知器のアラームが鳴動し、担当者が現場へ急行。
9:47 LPG ポンプの吐出配管枝管(スチームパージ用配管)からのLPG漏えいを発見。
9:55 装置を緊急停止し、当該系のブロック及び脱圧を開始。
9:57 公設消防へ通報。
10:12 系内脱圧が完了し、漏えいは停止。
10:40 発災箇所付近で可燃性ガスが検知されたため、スチームにより周辺部の拡散処置を実施。
10:49 再度ガス検知した結果、可燃性ガスが検知されないことを確認。

開孔部の腐食状況

①外面状況
・エルボのやや側面に 2mm の開孔が確認された。外面腐食は認められなかった。
②内面状況
・エルボ内面に界面のような筋が認められた。その筋の下側に著しい全面腐食が認められた。
・腐食の範囲は、エルボの水平部から下側に約 60mm の範囲であった。
・肉厚測定の結果、腐食部分は肉厚 2. 4mm 以下であり、その他の部位は 3.5mm 以上であった。
・腐食生成物とみられる茶褐色のスケールの付着が認められた。
・スケールを分析した結果、硫黄分及び硫酸鉄が検出された。

(参考)

ポンプ吐出配管を調査した結果、内外面とも腐食は認められなかった。

事故原因

◎腐食の原因

プロセス流体には、微量の硫酸ミストが存在していた。スチームパージ用配管は、通常運転時は流れの無い行き止まり構造であり、ここに水が溜まり、硫酸ミストと接触することにより硫酸水溶液が生成されて腐食が発生したと考えられる。

〇水が溜まった原因

①開孔したエルボの先は下向き配管であり、2 つの元弁が設置されていた。これらの元弁の間は U 字形の配管であり、最下部にはドレン弁が設置されていた。

②発災直後にドレン弁を開放したところ、ドレン(水)が溜まっていたことが確認された。
③プロセス流体には水分が含まれていないことから、溜まっていた水は、2 つの元弁のシート漏れによるスチームに起因すると推定された。
④ポンプ吐出配管側の圧力は 1.8MPa であり、またスチーム側の圧力は 1.25MPa であったことから、運転中はシート漏れが発生しないことが明らかである。
⑤スチームパージ用配管は、定修時のスチームパージ後はドレン抜きが実施され、その後は操作されることはない。
⑥したがって、ドレン抜き後のスタートアップ準備中、元弁のシート漏れが発生し、スチームパージ用配管のエルボ部から下部に水が溜まったと推定される。
⑦スタートアップ前の、元弁の閉止状況確認作業によりバルブのシート漏れは止まったが、水は溜まったままであった。
⑧この部分は、元弁が 2 個設置されていたため(1 個ではないため)、シート漏れは発生しないという認識がなされていた。
⑨吐出配管から枝分かれ直後の水平部分については、以前のシャットダウン時(2003 年)に、RT による詳細検査がなされた。しかし、この時に問題が無かったため、エルボ部から先の検査がなされなかった。

再発防止対策

①行き止まり配管部分を少なくするため、元弁の位置をポンプ吐出配管近傍に変更し、さらに 2 次側(スチーム側)に仕切り板を設置した。
②水平展開として、内部流体に硫酸ミストを含むLPGプロセスについて、下向き配管で行き止まり構造及びドレン弁が設置された同様箇所について検査を行った。

教訓

① 発災箇所は行き止まり構造であり、腐食性物質も存在していた。さらに、スチームパージ用配管が接続され、U字配管にはドレンが溜まりやすい構造であった。腐食が懸念される部位であり、定期的な検査を実施すべきであった。
② 本事例は、元弁が 2 個設置されていても、シート漏れが発生する場合があることを示す事例であった。特に注意を要する部位の縁切りは、仕切り板などにより確実に行う必要がある。
③ より安全な縁切りとして、運転中はスチーム配管を取り外し、プロセスラインと完全に縁切りする方法も考えられる。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

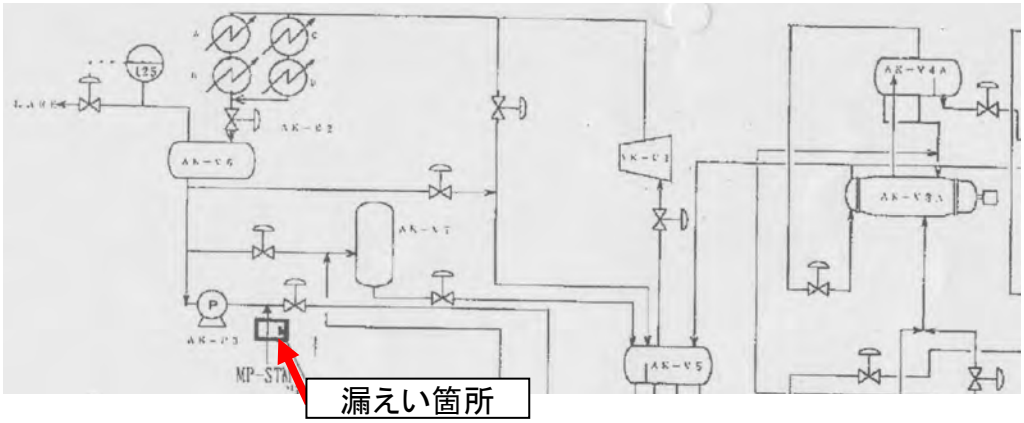


図 1 フロー図

図 2　漏えい箇所付近概略図

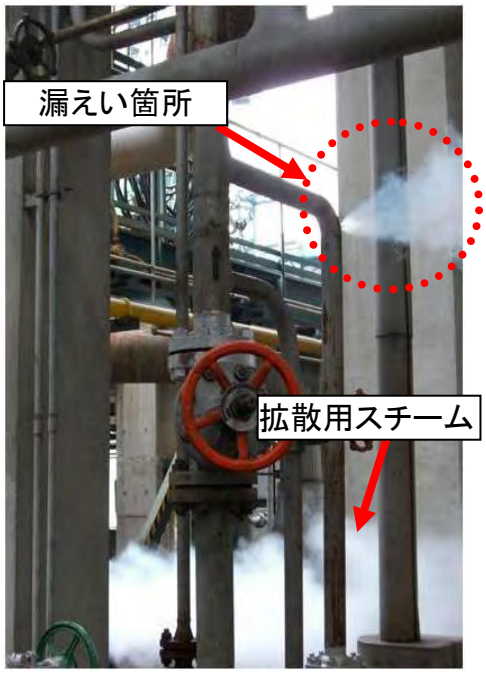


写真 1　漏えい状況

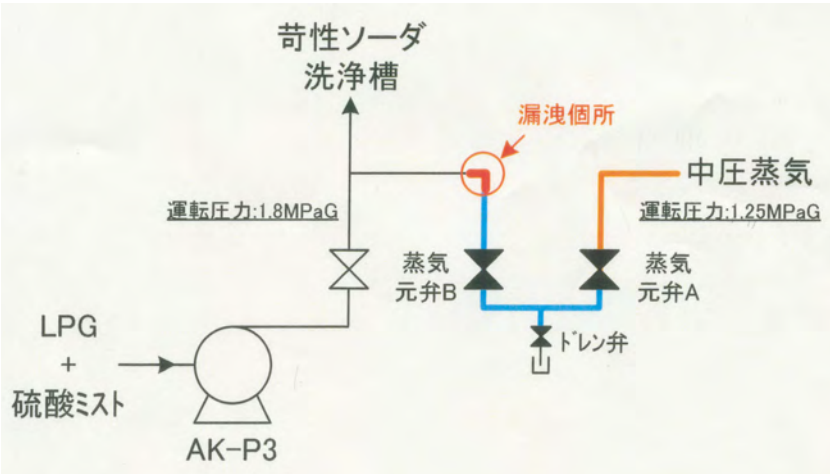


図 3　スチームパージ用配管の水溜まり状況

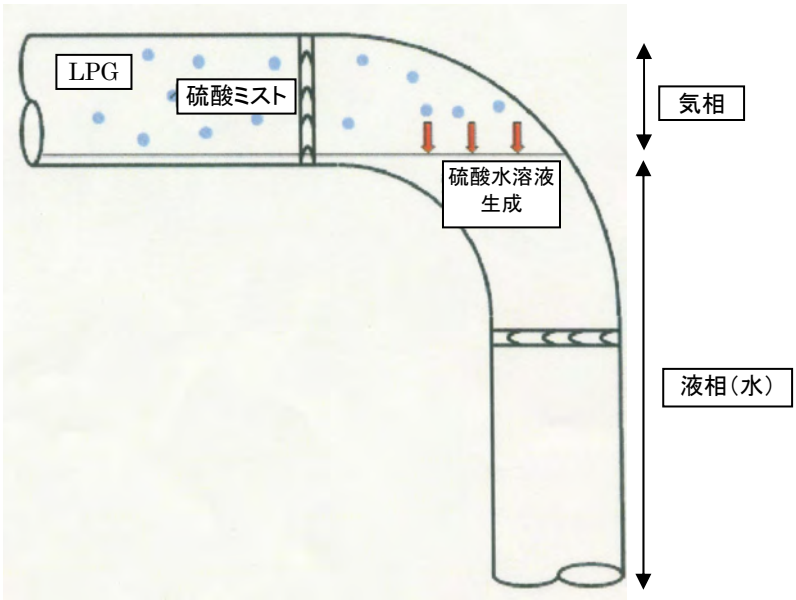


図 4　硫酸水溶液の発生状況

※数値はｱｳﾄｻｲﾄﾞｷｬﾘﾊﾟｰでの測定値を示す。

スケール除去前

スケール除去後

写真2　内面の腐食状況

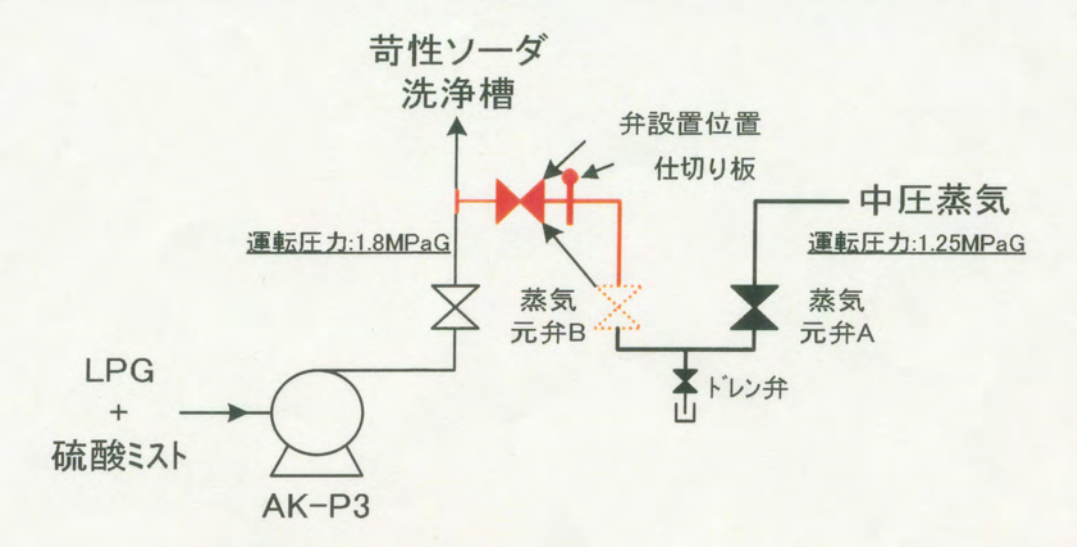


図5　元弁位置変更概略図

写真3　元弁位置変更後の状況

2.1.10 空気分離器循環ポンプからの液化酸素漏えい

整理番号	事故名称
2007-104	空気分離器循環ポンプからの液化酸素漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2007-2-24(土) 9 時 10 分頃	広島県福山市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
空気分離装置	液体酸素循環ポンプ (片吸込竪型渦巻ポンプ)	ケーシング、インペラー: AC4C-T6 ストレーナー本体:BC6 エレメント:SUS304	---

高圧ガス名	高圧ガス製造能力	設計圧力	設計温度
液体酸素	4,320 千 m^3/日(Nol.)	0.75MPa	−196℃～＋40℃

被害状況

通常運転中、空気分離装置の液体酸素循環ポンプ(液酸ポンプ)の吸入側伸縮継手、ケーシングなどが破損し、液体酸素が漏えいした。

事故概要

2 月 21 日　16:00　空気分離装置起動
2 月 22 日　15:00　液酸ポンプ起動
2 月 24 日
8:45　製造係運転員が、通常運転中の空気分離装置のパトロールを開始した。
8:50　発災した液酸ポンプにおいて、運転圧力及び機械音に異常が無いことを確認した。また運転管理室においても、軸温、振動及び加速度の異常が無いことを確認した。
9:10　現場パトロール員から、液酸ポンプより系内の液体酸素が噴出しているとの連絡があった。
9:15　装置を緊急停止し、液酸ポンプの遮断措置を実施した。
9:18　事業所内緊急連絡系統にて、従業員の緊急招集がなされた。
9:22　立入禁止処置及び保全道路の交通規制が開始された。
9:24　消防などへ連絡がなされた。
10:30　漏えい量が少量となり、直後に交通規制が解除された。

事故原因

①液酸ポンプの主軸及び軸受けは健全であったが、ポンプ吸入側伸縮継手が溶損し、ケーシングは破断していた。また、インペラーは主軸周辺部分を残し破損していたが、残存部品には接触痕が無いことが確認された。
②コールドボックス内の圧力が上昇して外槽板が割れ、保冷材が飛散していた。
③ポンプ吸入側にあるストレーナーの内部点検の結果、ストレーナーエレメントが溶損しており、またストレーナーエレメントのパンチングメタルの残材が、下流部の伸縮継手及び液酸ポンプ内で発見された。
④ストレーナーの上流部には、溶損は認められなかったが、下流部には、ステンレスのノロが観察された。
⑤伸縮継手はベロー部及びカバーが消失し、フランジ部のみ残存していた。破断したケーシングの破面観察及び引張試験を実施した結果、破面は延性破壊を示しており、また材料強度に問題はなかった。このため、ケーシングの破断は、内部圧力の上昇による延性破壊と推定された。
⑥従って、ストレーナー部が事故の起点であり、ストレーナーエレメントの溶損によって系内の温度が上昇し、圧力が急上昇したことによって、液酸ポンプのケーシングが破断したと推定された。

⑦低温、低圧状態である液酸中において、ストレーナーエレメント自体において直接酸化反応が発生する可能性は低いと考えられる。
⑧FTA 手法により、ストレーナーエレメント部における溶損要因の推定を行った。その結果、
a)ストレーナー部における異物の堆積により圧力損失が増加
b)気相部が発生して気液混合状態となり、異物が帯電
c)気液混合状態の部位には、さらに炭化水素が濃縮、析出
d)帯電した異物が放電し、炭化水素が酸化反応を開始
e)異物も酸化反応を開始した結果、エレメントが溶損
というシナリオが推定された。その他、異物による摩擦熱も考えられる。
⑨異物は、アルミニウム、ステンレス鋼、吸着剤ゲル成分であるシリカ等と推定された。これらが発生した要因は
a)建設時、点検時に混入
b)吸着剤の劣化
c)老朽化による内部破損
が考えられる。また、析出したドライアイスも異物の一部と推定された。
⑩一般的に炭化水素は、金属と比較して酸化反応性が高く、反応時の生成エネルギーが大きい。従って、液酸中に溶解している炭化水素が最初の酸化反応物質であったと推定された。
⑪液酸中の炭化水素は、装置起動直後に、保冷材及びストレーナー部が十分に冷却されていないことにより生じる侵入熱により、局部的に液酸が蒸発して濃縮・析出することも推定された。

再発防止対策
①ストレーナーエレメントの材質を、酸化反応が起こりにくいニッケル合金に変更した。
②Y型ストレーナーの捕集部における炭化水素の滞留低減を目的として、コーン型(コニカル型)のストレーナーエレメントに変更した。
③コールドボックス内の改造、修理後は、ポンプ起動後 36 時間以内にストレーナーの点検を行い、異物を除去することとした。
④ストレーナー手前にプレフィルターを設置し、大きな異物はこのプレフィルターで捕捉できるよう設備を改良した。
⑤ポンプ予冷前に、液酸中のドライアイス析出の有無を確認することとした。
⑥差圧計を設置し、ストレーナー部の圧力損失を監視することとした。

教訓
①炭化水素の濃縮・析出及び滞留、ストレーナーに堆積した異物の帯電、放電といった事象が重なり、事故に至ったと推定されているが、高濃度酸素中の酸化反応は急激に進行し、大きな事故につながる恐れがあるため、その取扱いには十分注意が必要である。
②高濃度の酸素中では、小さな堆積物でも、酸化反応のトリガーとなる。ストレーナー等、異物が堆積しやすい箇所については、適切な点検を行い、可能な限り異物を除去する必要がある。
③異物の堆積しやすい箇所には、設備の状況に応じ、できるだけ酸化反応が起こりにくい材質(ニッケル合金、ニッケル銅合金)を使用することも事故防止に有効である。

備考

事故調査委員会

関係図面

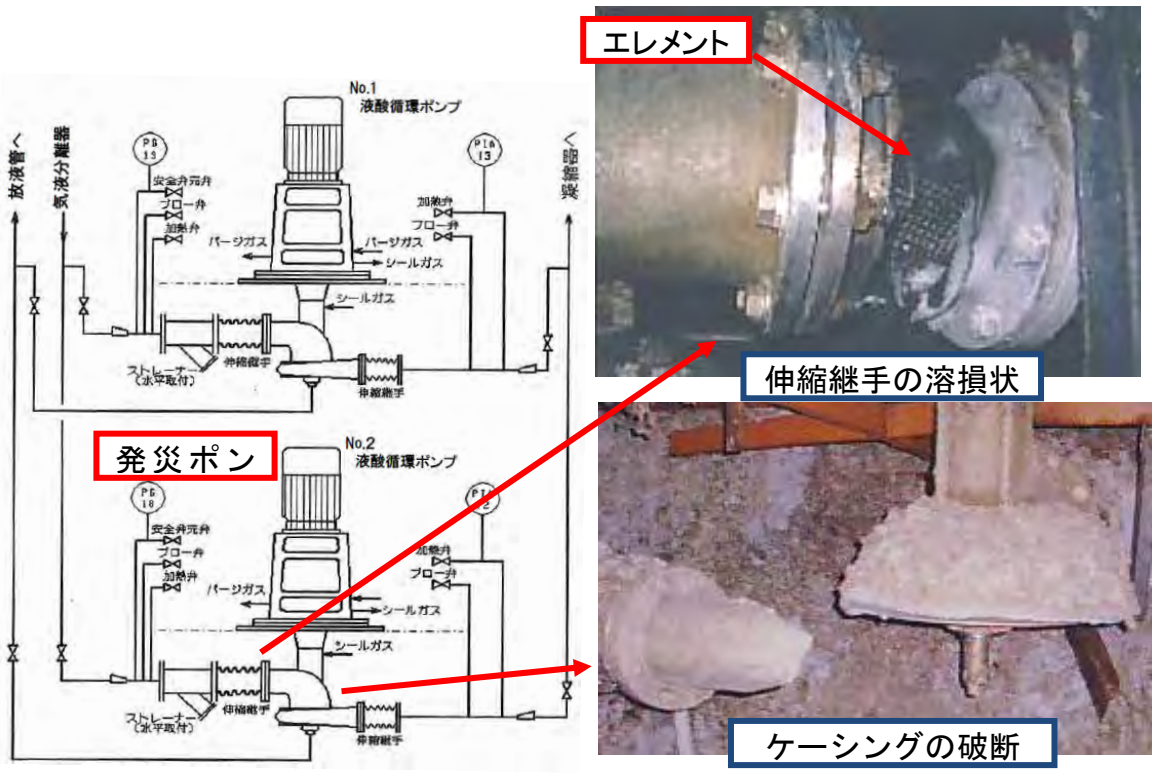


図１　発災ポンプ図面及び損傷状況

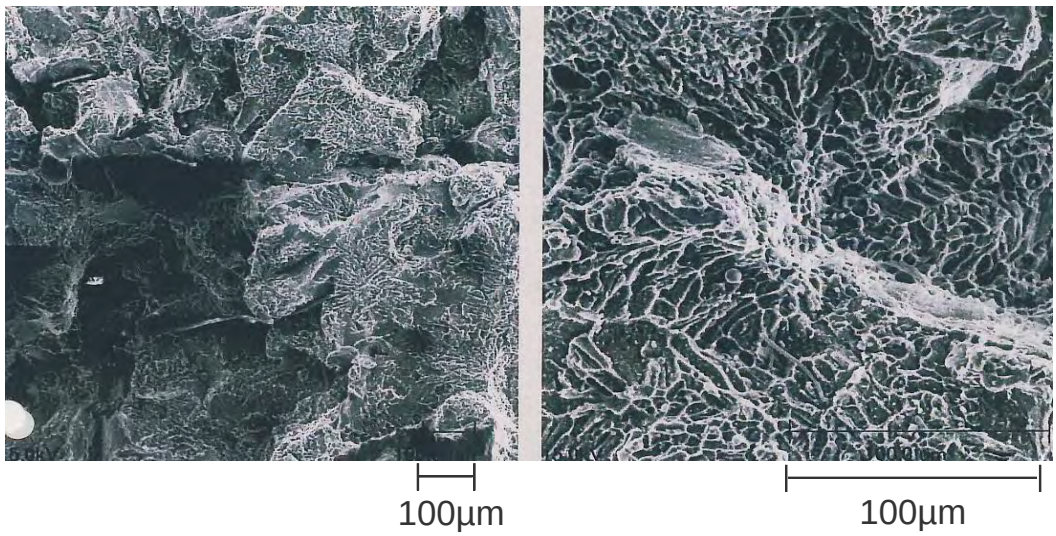
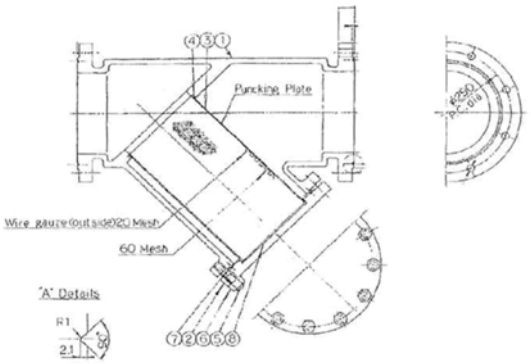
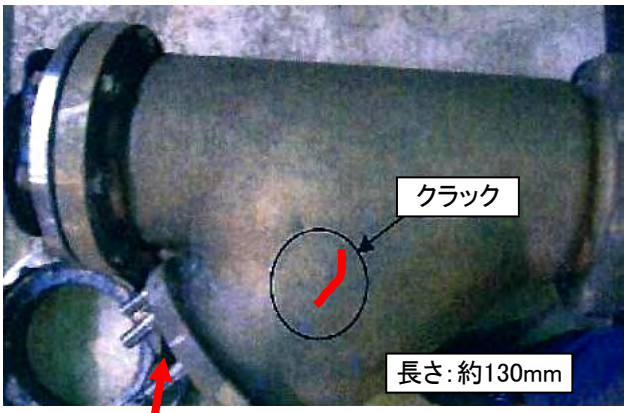


写真１　ケーシング破断面の電子顕微鏡写真



- ストレーナー本体仕様
  型式：Y型ストレーナー
  口径：200A
  本体材質：BC6
  （青銅鋳物）

図2　ストレーナー図面



ストレーナー仕切りフランジ
中央部に6.1mmの膨れ

写真2　ストレーナー本体の損傷状況

- ストレーナーエレメント仕様
  パンチングメタル：10mm角穴、ピッチ13mm
  厚さ2mm
  金属フィルター：外側：20mesh、内側：60mesh
  材質：SUS304、重量：2.2kg

写真3　ストレーナーエレメントの損傷状況

写真4　コーン型(コニカル型)ストレーナーエレメント

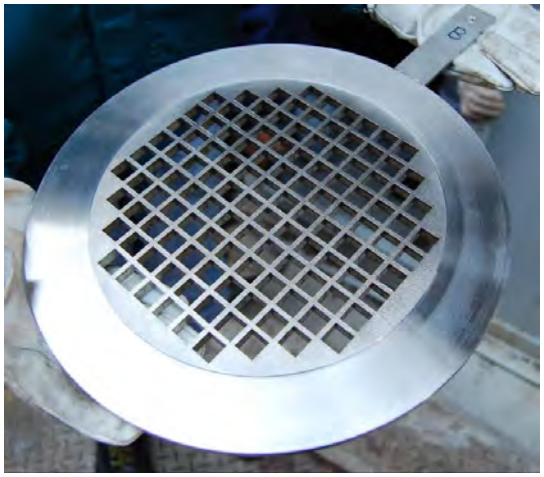


写真5　プレフィルター

2.1.11 高圧法ポリエチレン製造施設の流量調整弁付近の火災

整理番号	事故名称		
2007-463	高圧法ポリエチレン製造施設の流量調整弁付近の火災		
事故発生日時 2007-9-7(金) 6 時 55 分	事故発生場所 神奈川県川崎市		
施設名称 高圧法ポリエチレン製造施設	機器名 1 次昇圧機の戻り配管ベントノズル	主な材料 STPL380S	概略の寸法 20A t5.5mm
高圧ガス名 エチレンガス	高圧ガス製造能力(Nol.) 6,240 千 m^3/日	常用圧力 吐出 13MPa 吸入 3MPa	常用温度 −35℃

被害状況

パトロール中、高圧法ポリエチレン製造施設の 1 次昇圧機の戻り配管にある流量調整弁付近で火災を発見した(人的被害なし)。

事故概要

① 定常運転中、運転員が定時パトロールで高圧法ポリエチレン製造施設の 1 次昇圧機の戻り配管にある流量調整弁付近で炎を現認した。
② 直ちに計器室へ連絡し、緊急停止操作を開始した。
③ 消防へ通報するとともに、自衛消防隊による消火活動を開始した。
④ 約 55 分後、公設消防隊により鎮火が確認された。

事故原因

① 原因は、流量調整弁の直下にあるブローノズルの取り付け溶接部(スミ肉)に発生した割れが貫通したことにより、プロセス流体のエチレンガスが漏えいした。
② ブローノズルには、異常な腐食などはなかったが、スミ肉溶接部の止端部近傍に割れが貫通していた。
③ 漏えいしたエチレンガスは、氷結していた保冷材の間を通って、下流側にある手動弁とブロー弁付近から外部に漏えいし、火災となった。着火源は、静電気と推定。
④ 現場の風下に設置していたガス検知器の濃度が、火災発生の 3 時間前から少しずつ上昇しており、着火直前で LEL9%に達していた。
⑤ 割れ部を詳細に検査したところ、ボスとノズルのスミ肉溶接に外周 38mm、内周 31mm の割れ(割れの片端は、溶接止端部から母材を貫通する割れ。他端は、母材のみを貫通する割れ)が確認された。
⑥ 破面観察の結果、疲労割れと判断した。
⑦ ブローノズルは、ブロー弁の先端まで約 420mm の高さがあるが、ステーなどの補強がなかった。
⑧ 運転に伴う年 2 回の起動停止時に、配管は振動が発生し、運転開始から 36 年を経て、疲労割れが進展したものと推定した。
⑨ また、直近にある流量制御弁の動作に伴う振動発生も疲労割れを助長させた可能性がある。

再発防止対策

① 類似箇所(外径 1 インチ以下、長さ 300mm 以上のブロー弁が付いた配管)の調査点検を実施する。
② リスクの高い配管については、サポートなどで補強するか、または、リスク軽減措置として、ガス検知器による点検頻度の増加を図る。
③ 発災したベント弁は不必要であり撤去する。

教訓

① 振動環境下でサポートのないベントノズル、配管などは、振動による疲労破壊に注意しなければならない。上向きで閉止弁付のノズルなどは、トップヘビーとなっているので、取り付け部の疲労破壊に注意が必要である。

② 起動停止時および、調整弁作動時の振動が時間を経て、思わぬ損傷につながった。振動対策が充分であるかどうか、スミ肉溶接、ねじ込み継手、配管のサポートなどを検証する必要がある。

③ この配管は、短い区間に手動弁、レジューサ、調整弁などが集中して取り付けられていた。しかも保冷配管であった。保温・保冷配管などでは、ベントノズルなど小径配管の振動対策が充分かどうか確認し、また、配管自体のサポートがぐらついていないか、浮いていないかなど、サポートとして機能を果たしているかどうかについてもチェックしてほしい。

④ 不必要なベント弁・配管・ノズルは撤去するか、定期的な検査を行って、健全性を確認しなければならない。とくに、振動、腐食環境下にある小径配管など、検査が行き届かない部分を改めてチェックすべきである。

⑤ ベントノズルのフランジは、2500 ポンド WN、SCH.160 であった。ボス取り付け部は、スミ肉溶接で取り付けられていた。弁とフランジでトップヘビーとなっており、サポートもなく、スミ肉溶接部に応力集中が起こることは明らかであった。このように、事故に至ってから改めて認識することも多いので、類似災害の防止には、過去の事故事例を参考に、設備・配管の改善点を洗い出して欲しい。

備考

事故調査委員会

写真・図面

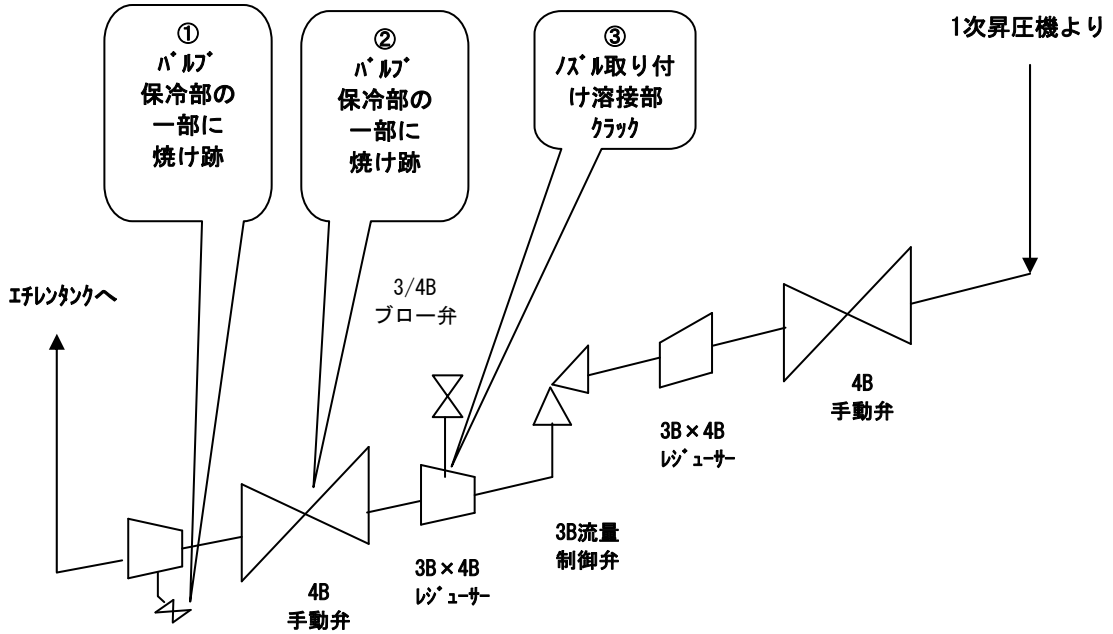


図 1 配管フローの概要

写真 1　①②③部写真

写真 2　①②の焼損部写真

写真 3　③部の PT 検査写真

写真 4　③の漏洩部写真

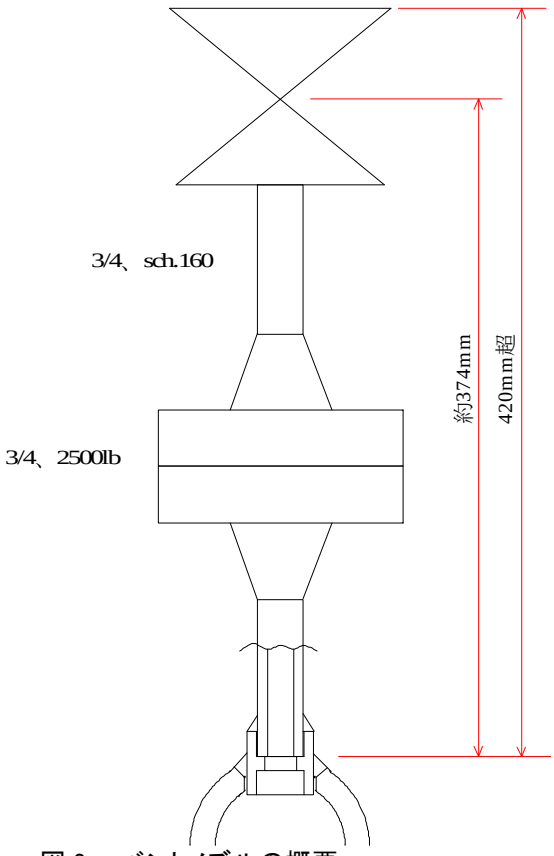


図 2　　ベントノズルの概要

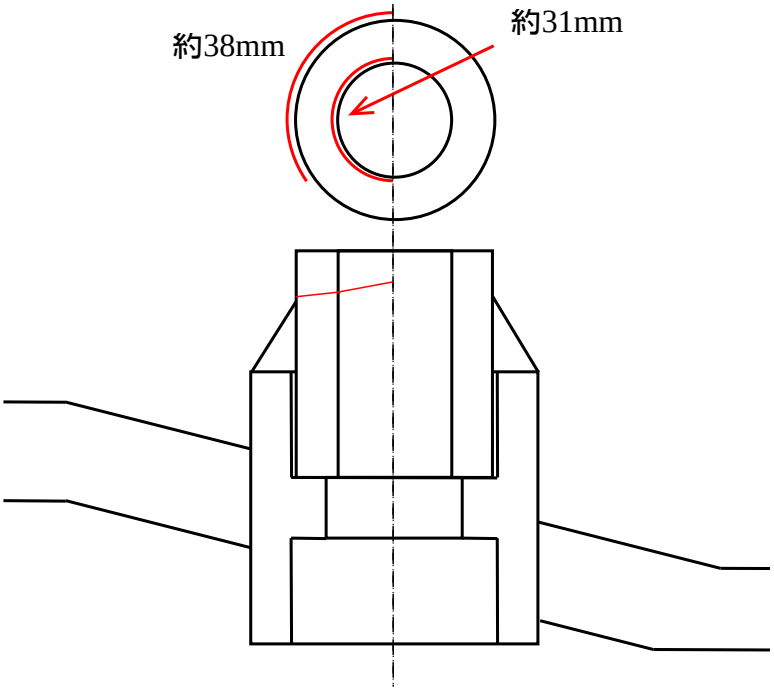


図 3　割れの状況

2.1.12　メタノール蒸発加熱器のチャンネルフランジからの漏えい

整理番号	事故名称
2007-675	メタノール蒸発加熱器のチャンネルフランジからの漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2007-12-11(火) 3 時 00 分頃	茨城県神栖市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
一酸化炭素製造設備	メタノール蒸発加熱器(熱交換器)	チャンネルフランジ:ステンレス鋼 シェルフランジ:炭素鋼 ガスケット:メタルガスケット	I.D.: 650mm L：4700mm

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
メタノール	54.5 千 Nm^3/ 日 (Nol.)	0.90MPa	340℃

被害状況

メタノール蒸発加熱器のチャンネルフランジからメタノールが漏えいした。(推定漏えい量:10cc、人的被害なし)

事故概要

12/3　一酸化炭素製造設備の触媒追加・再生工事のため、設備の一部を停止した。熱媒油加熱用の熱媒ヒータは、アイドリング運転(315℃)を実施していた。

12/5　AM10 時、計画停電に基づき熱媒ヒータを停止した(PM17 時に再起動)。このため、熱媒油温度は約 200℃まで低下した。

12/9　AM7 時、熱媒油の昇温を開始し、AM10 時に 315℃への昇温が完了した。

12/9～10　メタノール分解設備、CO ガス精製設備などの運転を開始し、運転ロードを徐々にアップさせた。(～50%)

12/11　定時パトロール中の運転員が、メタノール蒸発加熱器の漏れ確認ノズルからメタノールが漏えいしていることを発見した。設備を緊急停止(発見から約 30 分後)し、関係官庁に通報(同約 1 時間後)した。その後、メタノール蒸発加熱器の保温材を解体し、漏えい検知を実施したところ、チャンネルカバーフランジ部より、0.2～0.3vol%のガスが検知されたため、一酸化炭素製造設備を緊急停止した。

事故原因

◎温度低下によるフランジボルト締め付け力の低下

①発災後にフランジボルトの締め付け力を測定したところ、規定値より約 2 割低下している箇所があった。

②ボルトの締め付けは、トルクレンチを使用して締め付けられなかったため、ガスケット面圧は元々不均一であった可能性がある。

③さらに、発災直前の計画停電時、温度が約 100℃低下した。その後の昇温時、ホットボルティングを実施しなかったため、フランジボルトの伸びにより、締め付け力及びガスケット面圧が低下して漏えいに至ったと推定される。

◎ホットボルティングが実施されなかった理由

①平成 16 年、同熱交換器において熱媒油が漏えいして火災となった事故があった。

②当時の事故の対策として、50℃ 以上の温度降下があった場合は、ホットボルティングを実施する基準が新たに制定された。

③ただし、このホットボルティングの基準は、設備の定修後のスタートアップが想定されていた。

④ところが、今回初めて実施した触媒追加・再生工事は、設備の一部を停止させるものであり、定修後のスタートアップとは厳密には異なるため、作業手順書にはホットボルティングの記載が無く、昇温時に当作業が実施されなかった。

再発防止対策

①熱媒ライン温度が 50℃以上低下した場合、DCS 画面にて発報するよう改良した。

②ホットボルティングの作業要領について、トルク値の管理を徹底することとし、またガスケットの反発力なども考慮した基準へ改訂した。

③ホットボルティングの作業手順など、作業の重要性に関する安全教育及び事故の水平展開を実施した。

教訓

①3 年前の熱媒油漏えい火災事故で、スタートアップ時のホットボルティングの基準が新たに制定されたが、定修後のスタートアップ以外の時でも同様に注意すべきであった。本事例のように、熱媒油のアイドリングを計画停電で一時停止した場合などにも、温度降下を考慮した締め付け管理が必要である。

②フランジボルトの締め付け管理については、ボルト、フランジ、ナット、ガスケットなどにおける構成部品の設計値、及びフランジの歪み、傷、ガスケットの潰れなどの現状を把握した、最適な締結管理が望まれる。また、トルク値による管理を行う場合は、適切なトルク係数を用いることが重要である。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

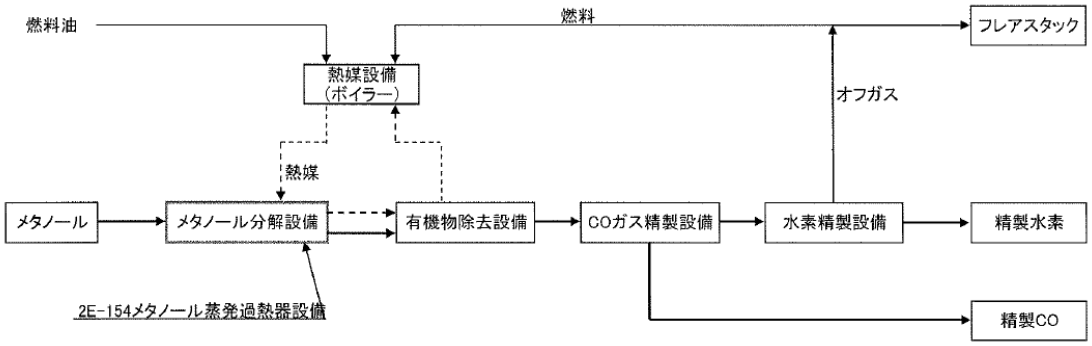


図 1　一酸化炭素製造設備のブロックフロー図

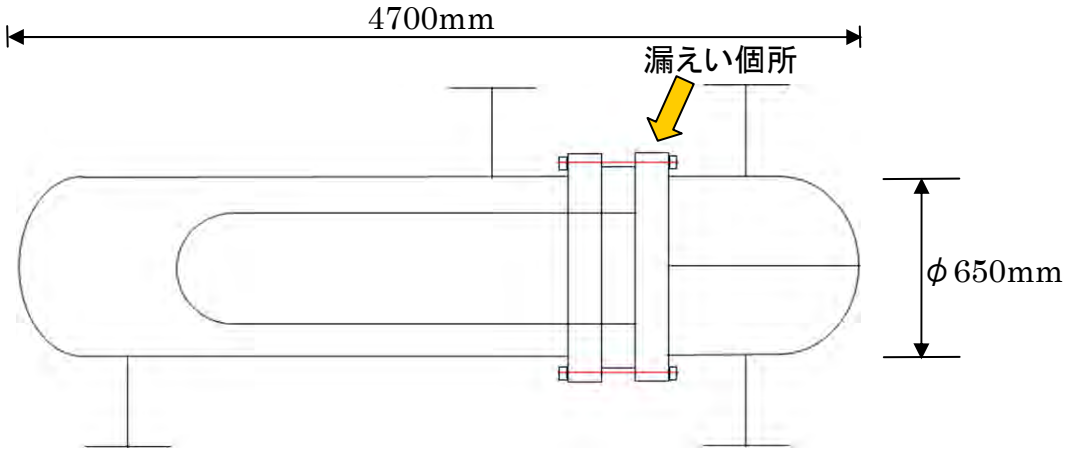


図 2　メタノール蒸発加熱器の概略図

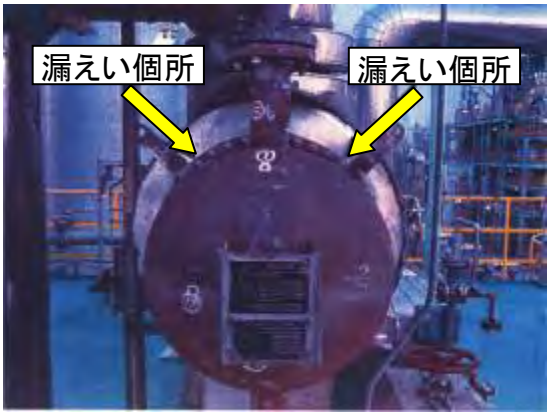


写真１　漏えい検知個所（事故直後）

写真２　熱交換器（発災から数か月後の整備中に撮影）

2.1.13　アルゴン CE における差込み溶接継手からガスが漏えい

整理番号	事故名称
2007-690	アルゴン CE における差込み溶接継手からガスが漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2007-12-17(月) 13 時 40 分頃	神奈川県

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
アルゴン CE 設備	差込継手	SUS304	外径 6φ(0.8mmt)

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
アルゴン	65.5m³/日(Nol.)	0.93MPa	-186℃

被害状況

定期自主検査中、差込継手部 2 箇所からアルゴンガスが漏えいした(人的被害無し)。

事故概要

液化アルゴンの CE 設備において、定期自主検査における気密試験を実施したところ、液面計および圧力計付近の差込継手 2 箇所(損傷箇所 A および B)からの漏えいが発見された。漏えい箇所 A は、極小さい黒い点として確認され、また周辺にも同様な黒色の箇所が多数確認された。漏えい箇所 B は、直径 1～2mm 程度の穴が観察され、また周辺にも損傷箇所が多数確認された。

なお、本 CE は 1984 年に製造され、1994 年まで他事業所(海岸から約 2km)に設置されていた。その後、現在の事業所に移設された経緯がある。

事故原因

・損傷箇所 A

断面組織観察(マクロ観察)の結果、損傷箇所 A は、漏えい箇所が極小さいため漏えい箇所が確認できなかった。またミクロ観察の結果、損傷部近傍に Cr 炭化物が析出し、粒界における損傷が認められた。このため、溶接時の入熱により組織が鋭敏化し、粒界腐食が発生したと推定された。

・損傷箇所 B

断面組織観察(マクロ観察)の結果、損傷箇所 B は、ビード止端から約 2mm の位置において、板厚の約 2/3 に達する孔食状の損傷が確認された。またミクロ観察の結果、Cr 炭化物が損傷底部にしか観察されなかったことから、表面より板厚の 2/3 までは孔食の形態で損傷が進行し、底部は鋭敏化による粒界腐食が発生したと推定された。

・その他

金属表面の定性分析により塩化物が検出されたが、塩化物イオンが付着した原因は特定できなかった。また、これらの損傷が、移設前に発生していたかどうかは不明である。

再発防止対策

①溶接継手からねじ込み継手に変更した。
②材料を SUS304 から SUS316 へ変更した。

教訓

①経年 CE 設備および移設 CE 設備では、日常点検などにおいて、配管、継手、溶接部(熱影響部)、ろう付け部を点検し、熱応力の繰り返しによる疲労、本事例のような腐食など、異常の早期発見、早期対応に努めなければならない。一般的に耐腐食性の高いステンレスでも、腐食し割れが貫通するケースがある。

②液面計、圧力計などの金属製パネルに腐食が発見された場合は、付近の設備を念入りに点検することが重要である。特に、配管、継手などに黒点が発見された場合は、カラーチェックなど、詳細な検査を実施することが望ましい。
③CE を移設する場合は、移設前の設置環境、検査履歴などの情報を移設先に確実に伝達し、維持管理に反映させることが重要である。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

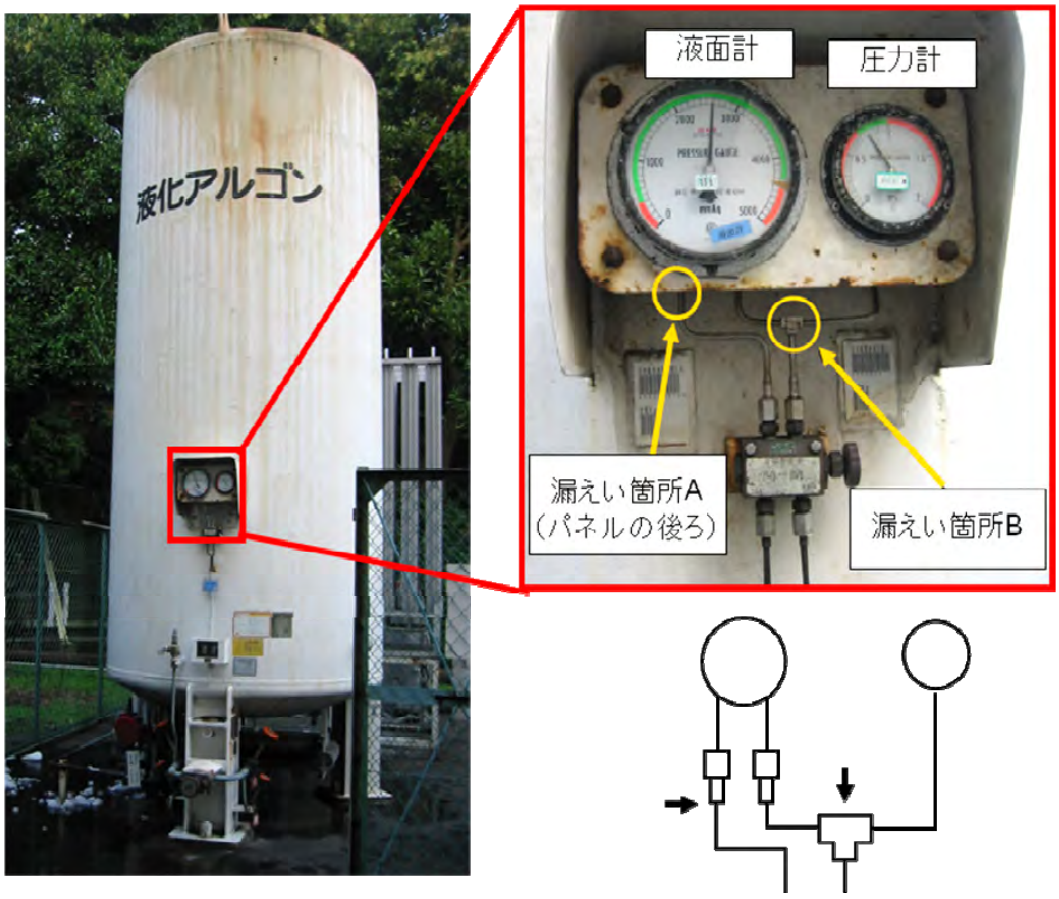
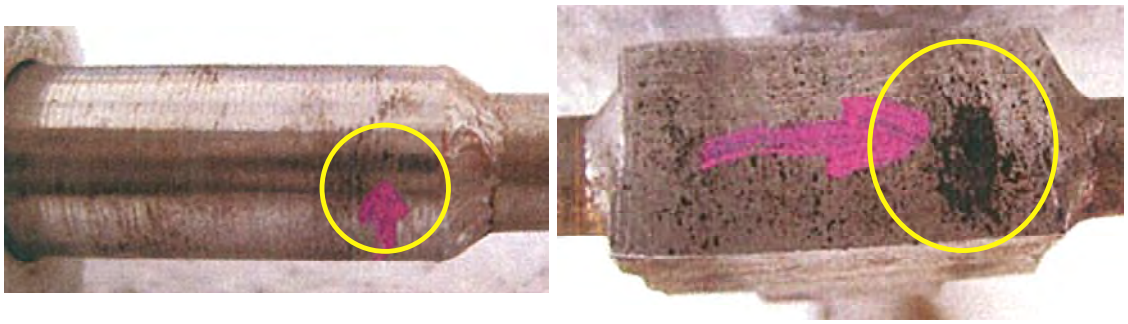


写真 1　アルゴンCE外観および漏えい箇所



漏えい箇所A　　漏えい箇所B

写真 2　外観目視観察結果

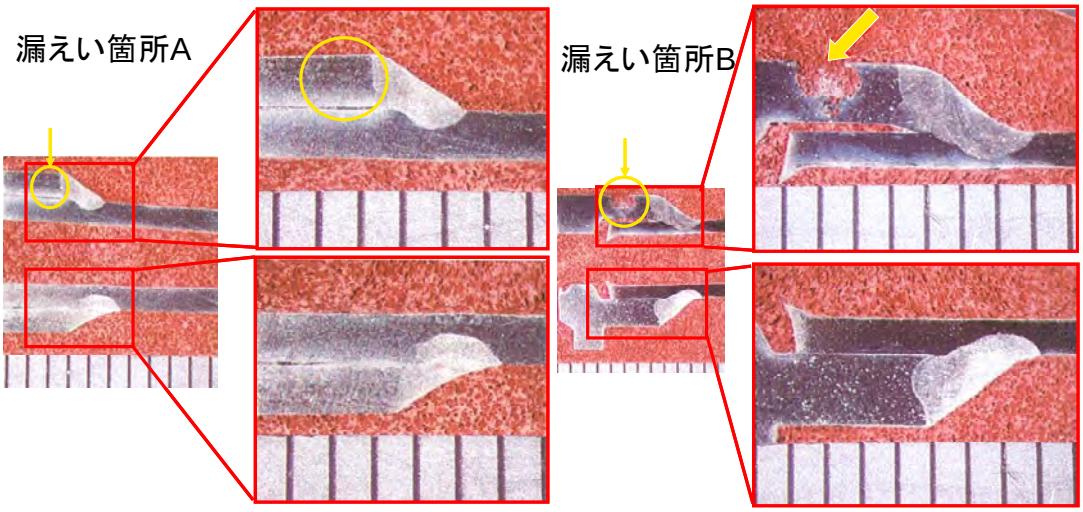


写真3　断面組織観察（マクロ観察）

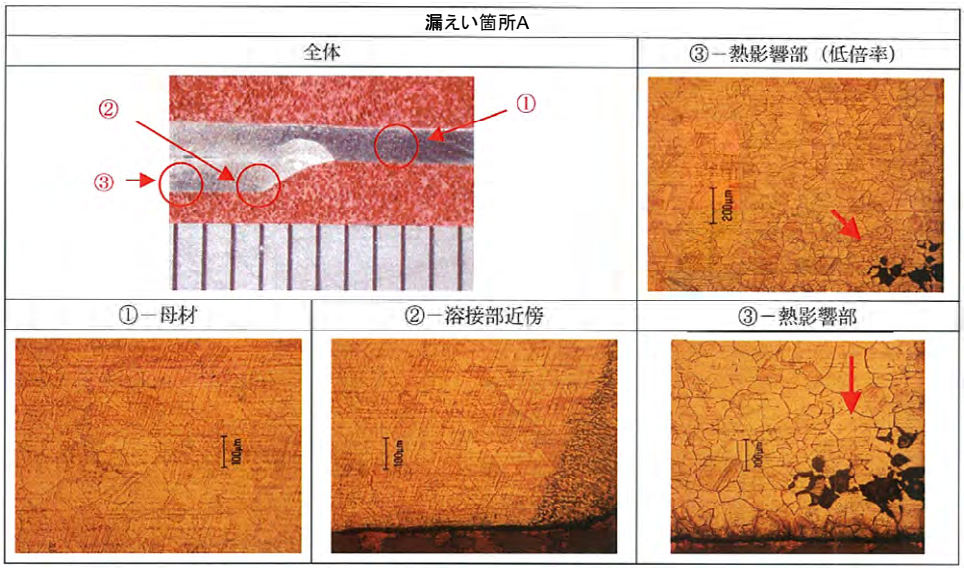


写真 4　断面ミクロ観察結果（漏えい箇所 A）

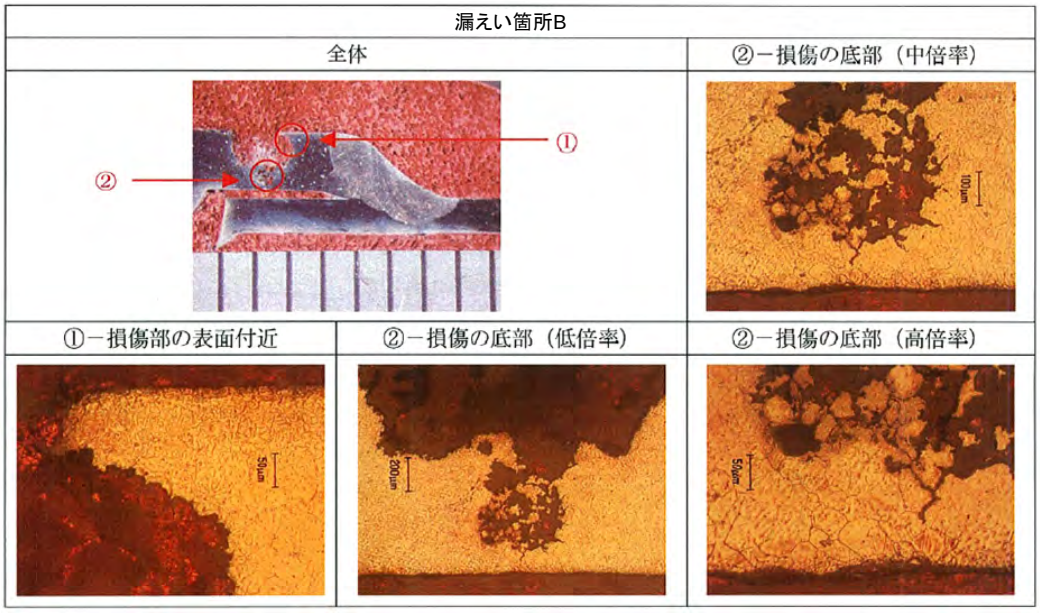


写真 5　断面ミクロ観察結果（漏えい箇所 B）

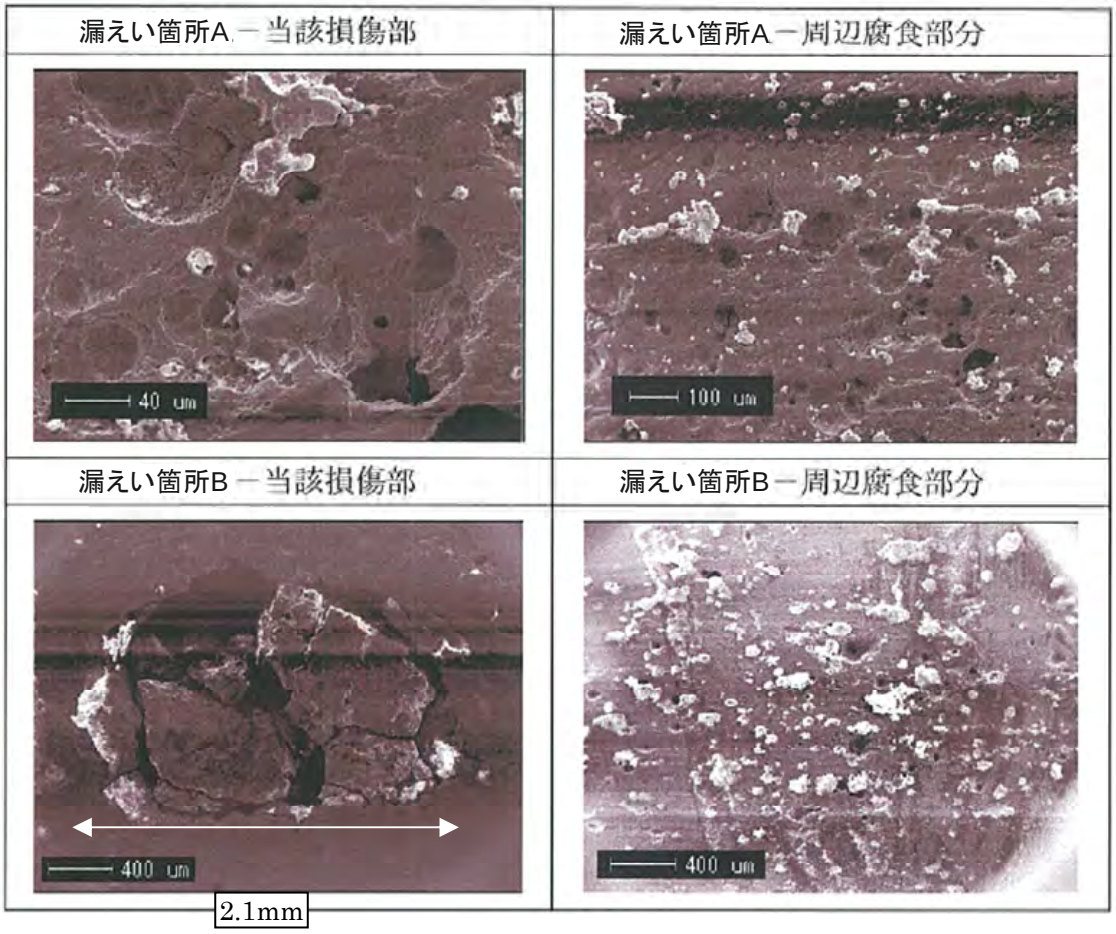


写真 6　表面の電子顕微鏡写真

2.1.14　CNG スタンドにおけるベントライン放散管の破断による漏えい

整理番号	事故名称		
2008-087	CNG スタンドにおけるベントライン放散管の破断による漏えい		
事故発生日時	事故発生場所		
2008-2-2（土） 17 時 15 分頃	千葉県市川市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
CNG（圧縮天然ガス）スタンド	ベントライン放散管	SGP	50A、t3.8mm
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	常用圧力（高圧側）	設計温度（高圧側）
天然ガス	8,880m³/日（Nol.）	24.5MPa	50℃

被害状況

CNG スタンドにおいて、定期自主検査中ベントライン放散管が破断し、作業用車両のフロントガラス等を損傷した（人的被害なし）。

事故概要

9:00　定期自主検査を開始した。

16:38　設備の整備が終了し、気密試験を実施することとなり、圧縮機の試運転を開始した（1 回目）。30 秒後、圧縮機室内のガス検知器が発報し、緊急自動停止を行った。この時、ベントラインの先にある放散管からピーという音がなっていること、及び茶色の粉が噴出していることを確認した。調査の結果、圧縮機室内にある、圧縮機の安全弁 A の出口側フランジ（出口はベントラインに接続）からガスが漏えいしていることが判明し、フランジを増し締めした。

17:15　圧縮機の圧力及び安全弁 A の作動状況を確認するため、2 回目の圧縮機運転を開始したが、約 5 秒後、ドンという大きな音がしたため、直ちに圧縮機を手動停止した。現場を確認したところ、ベントラインの放散管(長さ:約 2.3m,重量:約 25kg)が破断していた。破断した放散管は、敷地内の作業車両、塀、赤外線警備装置を破損させ、道路側フェンスに衝突し、落下していた。また、周囲には、放散管の手前に設置されていた、脱臭器内の活性炭が飛散していた。

17:17　警察へ通報した。

事故原因

① 破断個所は、放散管下部に設置されたフレームアレスタとレデューサとの溶接部であった。

② 1 回目の圧縮機運転開始時に目撃された、放散管から噴き出していた茶色の粉は、フレームアレスタ手前に設置されている脱臭器内の活性炭または配管内部の錆と考えられる。また、フレームアレスタが破れていたことから、ベントラインが破断した原因は、高圧の天然ガスがベントラインに流入したためと推定された。

③ ベントラインへの高圧ガス流入経路としては、圧縮機系統又は蓄圧器系統からのみであった。そのうち、圧縮機系統については、圧縮機は起動後 30～40 秒間、オイル循環のために無負荷運転であり、放散管が破断するほどの高圧ガスは系内に供給されないこと、圧縮機出口側についている安全弁 A 及び逆止弁（RV140）は、事故後の作動試験は異常がなかった。

④ 事故前、蓄圧器には 19MPa の天然ガスが充てんされていたが、事故直後、蓄圧器の圧力が 19MPa→18MPa へ低下していたことが運転記録により判明した。また、事故後に実施した安全弁 B の作動試験は異常がなく、安全弁 B が作動した可能性もないことが判明した。

⑤ 蓄圧器入口の電磁弁（PV201）は、圧縮機の試運転開始と同時に「開」となるようシーケンスが組まれていた。また、定期自主検査時のブローダウンなどに使

用する、ベントライン行きのバルブ（HV146）は、試運転前の閉止操作において、固着により工具を使用しないと閉止できない状態であったことが判明した。

⑥ 従って、HV146 は、閉止操作はしたが完全に閉まっていなかったと推定される。流出量から推定すると、約 1/4 回転ほど開いていたと推定される。（事故後、このバルブを 1/4 回転ほど開いた状態とすると、約 2 秒間で蓄圧器の圧力が 1MPa 低下することを実験により確認した。）

⑦ 以上の調査結果より、本事故のシナリオとしては、まず 1 回目の圧縮機運転開始と同時に蓄圧器入口の電磁弁（PV201）が開となり、完全に閉止されていなかった HV146 から蓄圧器系統の高圧ガスがベントラインに流入し、放散管よりガスが放出されたと推定される。しかし、この時、ライン内の錆及び脱臭器内の活性炭により、放散管直前のフレームアレスタ部分が閉塞した。この状態で、2 回目の圧縮機運転を開始し、高圧ガスがベントラインへ再度流入したため、溶け込み不良のあったフレームアレスタ下部の溶接線が内圧に耐え切れず、破断したものと考えられる。

再発防止対策

■設備面の対策

①HV146 バルブを常時閉とし、施錠することとした。

②緊急時にガスが放出できないリスクを重要視し、ラインの閉塞の原因となるフレームアレスタ及び活性炭を除去した。（定修時のみ、活性炭を脱臭器に充填）

③ガスの放出を妨げないよう、放散管出口のエルボから、当初は仮設措置として直管に変更した。（その後、恒久的な雨水流入防止措置として放散管出口を T 字型に変更した。）

■作業面の対策

①HV146 の開閉作業について、操作に関する注意事項をバルブ近傍に掲示した。

②バルブ操作においては、開閉状況のダブルチェックを行うこととした。

③HV146 等の保安上重要なバルブについては、保安監督者立会いの下で操作することとした。

教訓

① 低圧系への高圧ガスの流入は、配管、機器等の破損を生じさせ、大きな事故につながる可能性がある。低圧系/高圧系を仕切るバルブは、開閉を確実に行うと共に、作業頻度に関わらず、重要なバルブとして管理すべきである。

② ベントラインは、安全弁作動、緊急放出操作など、緊急時に必要なラインである。非常時に備えて放出が確実にできるよう、腐食による穴空き、閉塞などが発生しないように維持管理を確実に行うべきである。

③ バルブが固着している場合、適切な工具を使用せずに操作すると、過大なトルクによってバルブが破損することもあり、危険である。無理な操作はせず、分解点検整備又はバルブ交換をすべきである。

④ 固着したバルブについては、事故発生後、開閉操作を繰り返した結果、固着が無くなったため、分解点検等を行わずに、気密試験を実施した後に再使用されている。バルブの固着原因は不明であり、再度固着することも考えられるため、発災のきっかけとなったバルブの固着原因を追求すべきである。

事故調査委員会

備考

＜関係図面等＞

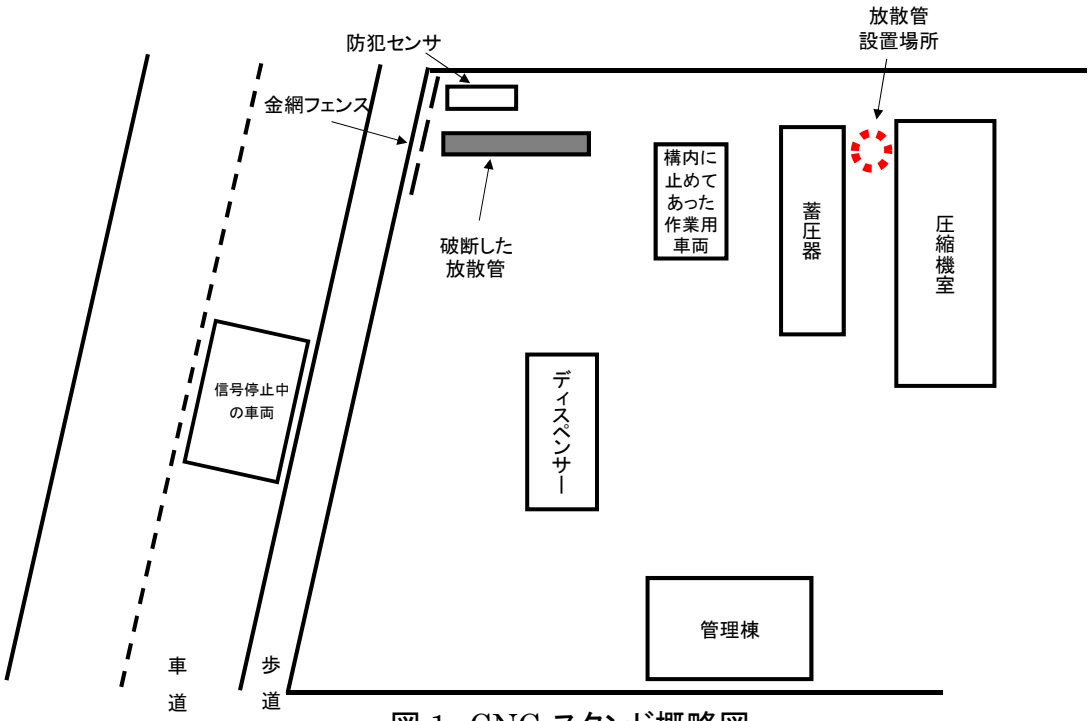


図１　CNG スタンド概略図

写真１　落下直後の放散管

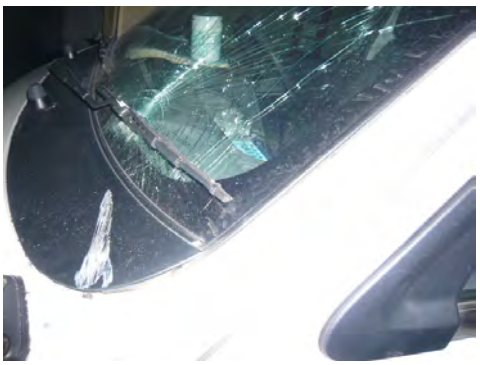


写真２　破損した作業用車両

写真３　落下直後の放散管（拡大写真）

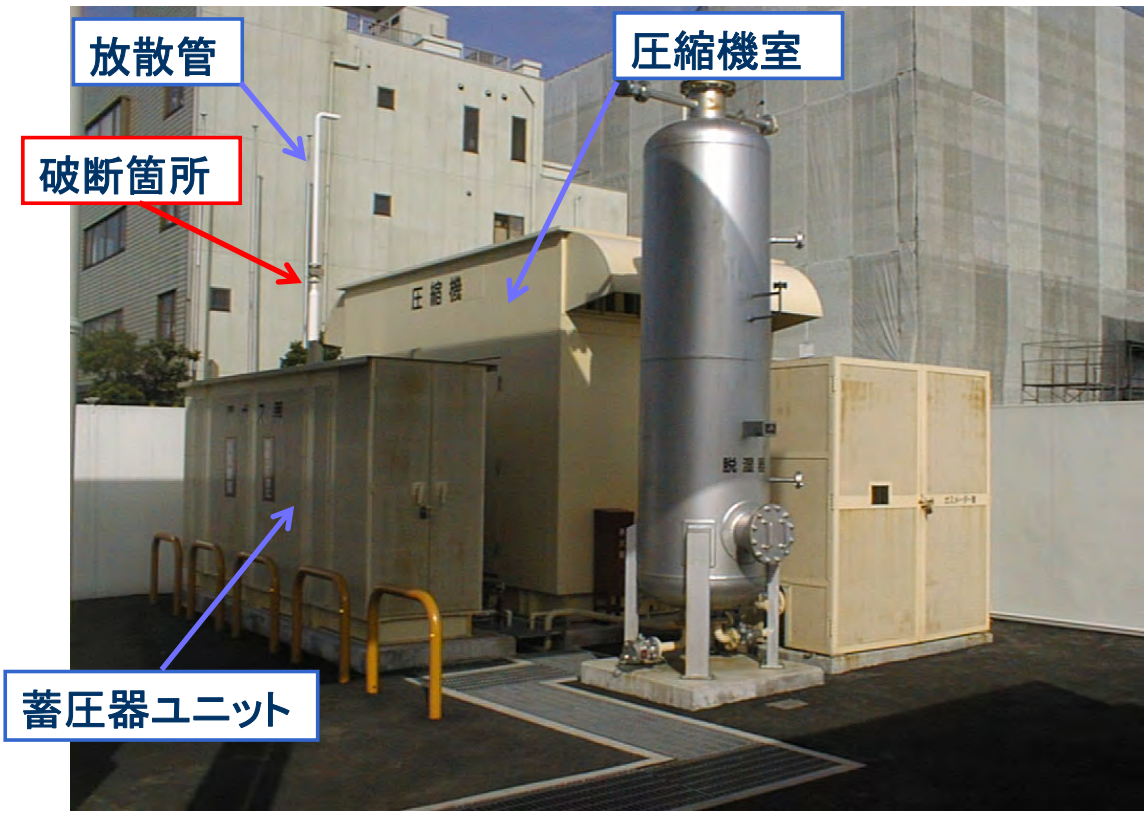


写真 4　事故発生前の状況

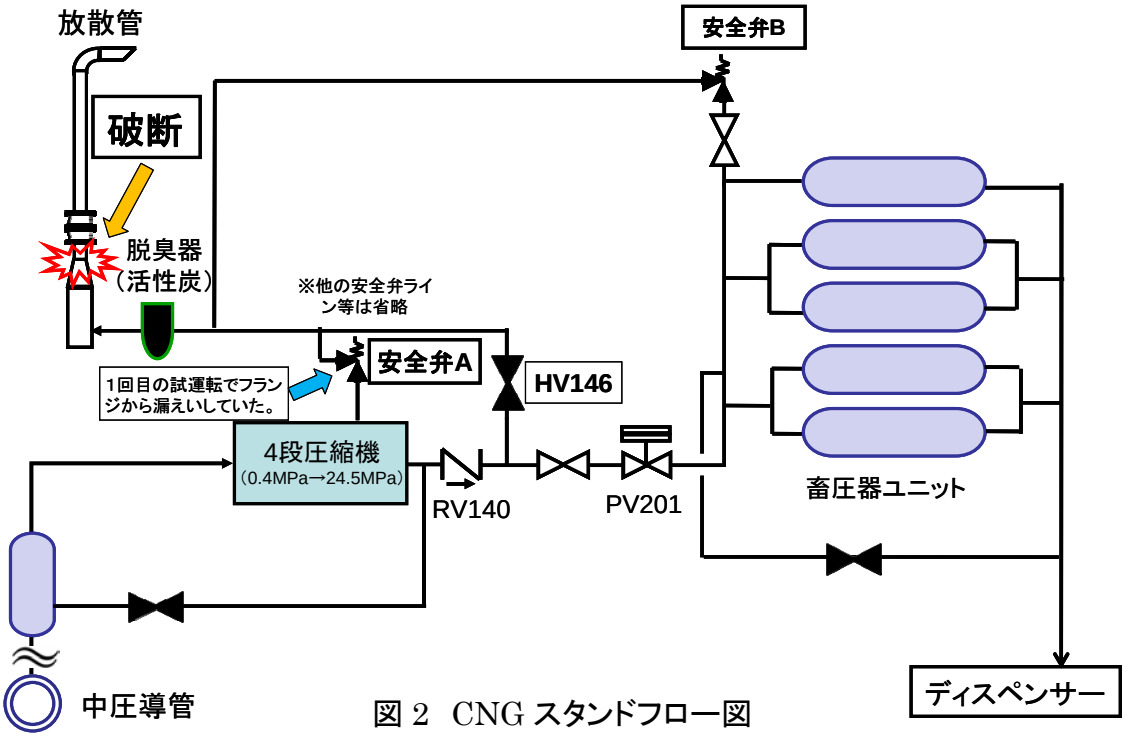


図 2　CNG スタンドフロー図

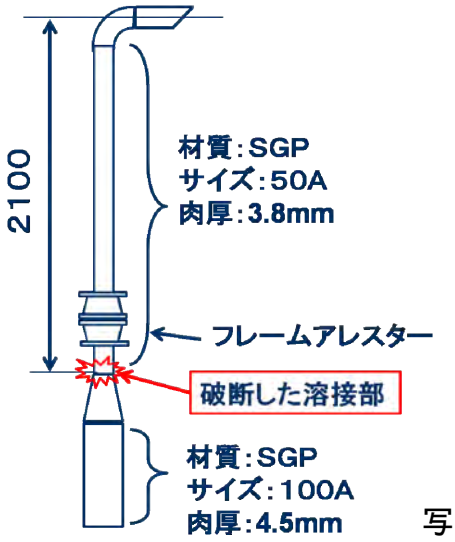


図 3　放散管の概略図

写真 5　破損したフレームアレスタ内部の金網の状況

写真 6　フレームサレスタ及び内部の金網

2.1.15　高圧法ポリエチレン反応器の破裂板作動による減音装置の破裂

整理番号 2008-682	事故名称 高圧法ポリエチレン反応器の破裂板作動による減音装置の破損		
事故発生日時 2008-11-27(木)　8 時 16 分	事故発生場所 広島県大竹市		
施設名称 高圧法ポリエチレン製造設備	機器名 反応器放出管の減音装置	主な材料 SUS	概略の寸法 径約 1m×長さ約 6m
高圧ガス名 エチレン	能力 6,640 千 m^3/年	常用圧力 ー	常用温度 ー

被害状況

高圧法ポリエチレン製造設備の定常運転中、反応器圧力が急上昇し、破裂板が作動した。このとき、破裂板の放出管に設置されている減音装置の内部部品が破損して飛び出し、落下したため、プロセス配管、用役配管及び架台を損傷した(人的被害無し)。

事故概要

① 高圧法ポリエチレン製造設備の定常運転中に、反応器でエチレン分解反応が発生した。
② 反応器圧力の急上昇に対応して複数の破裂板(反応器で、2 基、反応器出口配管で 1 基)が作動した。並行して自動緊急停止装置システムが作動して、当該製造設備は安全に停止した。
③ 破裂板破裂によるガスの放出時に、放出管に設置されている減音装置の内部部品が破損して飛び出し、落下した。
④ このため、高圧ガス設備の配管、弁を変形破損させ、周辺の蒸気配管、階段、ストラクチャーの一部も破損した。
⑤ 配管、弁の変形破損によるプロセスガスの漏れはなく、人的被害もなかった(推定放出量 5,400kg)。

事故原因

1. 減音装置の破損原因

① 減音装置は本体(外筒)と内部部品からなる。本体と内部部品の取り付け強度が不足していたために内部部品が破損して飛び出した。
② 破裂板作動時、瞬間的な大流量のガス放出が開始され、内部部品の取り付け強度が不充分であったため破損した。
③ 内部部品の固定は、本体内部の4ヵ所に金具(SUS)をスミ肉溶接で取り付ける構造となっていた。
④ 発災事業者では、減音装置の図面と強度計算書の提出を仕様書に規定しており、内部構造及び強度に関する設計資料の提出を減音装置のメーカーに繰返し要求していた。ところが、ノウハウを理由に資料が提出されなかった。このため、内部部品をしっかり取付ける旨の文書が提出され、その旨の説明を受けていた。
⑤ 減音装置の破損は、強度が不充分であったことが原因であるが、ノウハウを理由に資料が提出されなかったため、メーカーの言を信頼するのみであったことも今回の事故発生の一因となっている。

2. エチレン分解反応の発生原因

① 反応器上流の冷却器から、異物(反応を促進させる物質)が剥離し、反応器に流入したことが原因と推定している。
② この異物は、以前からフィルターなどには補足されて確認されていたが、冷却器の構造上、完全に洗浄することが困難であった。
③ このため、反応器の上部で局部的にエチレン分解反応が促進したことによ

り、反応器内で急激なエチレン分解反応（通称:デコンポ）が起こって、破裂板が作動した（推定 240MPa）。

再発防止対策

① 減音装置は、改めて、仕様に基づく設計を行い、設計仕様に対する破裂板作動時の瞬間的な大流量のガス放出にも耐えうる構造のものを再製作する。
② 再製作に際し、内部部品の設計（構造及び強度）に関する資料をメーカーより提出（開示）させ、事業者としても設計強度及び計算根拠について確認する。
③ 冷却器のクリーニング周期を変更し、定期修理ごとに実施する。

教訓

① 高圧ガス製造事業者は、装置メーカーの設計、製作が確実に行なわれていることを確認するために機器メーカーへ設計（構造及び強度）資料や計算根拠の開示を求める必要がある。ノウハウなどにより情報が開示されない場合、充分に納得できる情報が得られるまで発注すべきではない。ノウハウを理由に開示されないブラックボックスであっても、製品に起因して高圧ガス事故が発生した場合、事業者責任、および説明責任は免れない。
② 破裂板が作動した場合、破裂直後の瞬間的大流量による衝撃流で発生する応力が問題となる。細部についても衝撃力が作用することを想定して設計しなければならない。重要設備の発注に際しては、メーカーの品質保証体制も確認する必要がある。
③ 反応器直前にある冷却器は、トロンボーンタイプであるため、内部のクリーニングは容易ではないが、運転の阻害要因となる不純物、残渣物など異物のクリーニングが重要である。異物の混入は、過去のエチレン分解反応に起因する事故の教訓としても示されている。
④ 暴走反応、急激な分解反応などを伴う原材料、プロセスを取り扱う場合は、リスクアセスメント、HAZOP などを実施して、設備、運転に起因する不安全要素を改善し、事故を起こすことなく安全・安定操業を継続して欲しい。

備考

事故調査委員会　事故調査委員会で審議（6 回開催:外部有識者　広島大学教授）

写真・図面

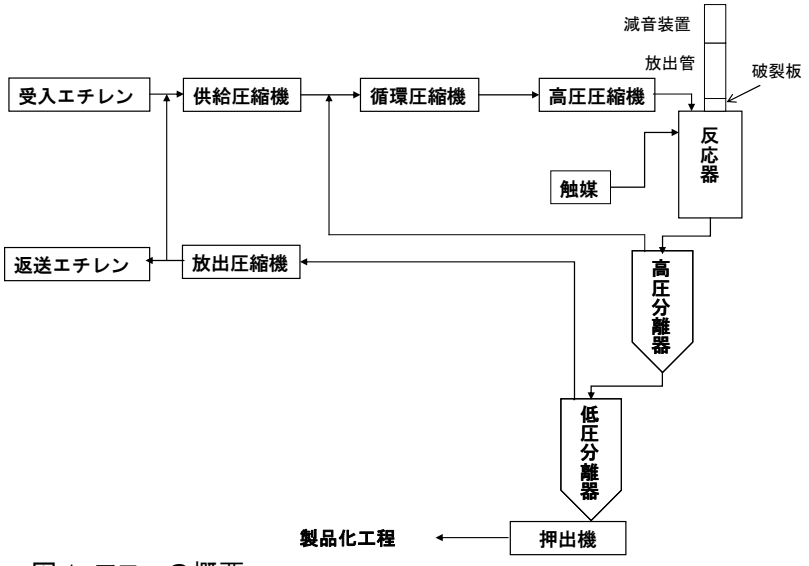


図 1　フローの概要

写真１　減音装置の取り付け状況

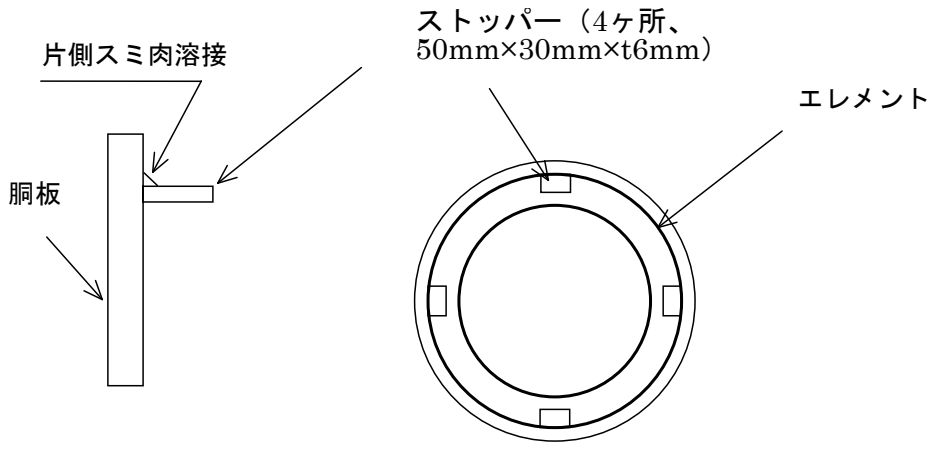


図２　減音装置のエレメント取り付け部の概要

2.1.16 塩素除害塔から塩素ガスが漏出

整理番号	事故名称		
2009-041	電解プラントの塩素ガス除害塔から塩素ガスが漏出		
事故発生日時	事故発生場所		
2009-4-15(水)	愛媛県新居浜市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
電解プラント	塩素ガス除害塔	ー	ー
高圧ガス名	高圧ガス処理量	常用圧力	常用温度
塩素ガス	約 56,600 m^3/日 (Nol.)	1．0MPa	60℃

被害状況

電解プラントの定期修理が終り、運転立ち上げ操作を行っていたところ、塩素蒸発循環ラインのラインアップ中に除害塔から塩素ガスが漏出し、事業所内の関係者 28 名、および事業所外で 4 名の小学生が被災した。

事故概要(時間表示は目安を示す)

① 電解プラントは 4 月 10 日に定修が完了し、13 日から運転立上げ操作に入っていた。事故当日、運転開始に必要なプロセス配管のライン設定を確認のうえ、運転を開始することになっていた。

② 8:30 職長が運転員 3 名で塩素蒸発設備のスタートアップ作業を進めることを指示した。その際、職長は、塩素蒸発循環ラインの設定を再確認するよう指示した。

③ 9:00 担当運転員は、ライン設定の再確認を行った。その際、ページングで指示された 3 箇所の手動弁の開閉を確認するとともに、除害塔(T-851)行き弁の表示が閉となっていることを確認した。この弁は本来閉止したままにしておくべきであったが、誤って開放してしまい、表示も「開」とした。

④ 9:19 運転員は、職長と連絡を取り合いながら塩素ポンプ(P-061A)を起動した。職長は、DCS にて遠隔操作弁の開度を調整し送液を始めた。

⑤ 10:10 職長が、DCS により、液体塩素蒸発操作を開始した。

⑥ 10:55 職長は、E プラント担当者と連絡を取り、DCS にて塩素蒸発循環ラインの運転を開始した。

※この結果、本来閉止しているべき弁が開放されていたことにより、塩 素蒸発循環ラインから T-851 へ塩素が想定外に供給されることとなった。

⑦ 11:44 T-851 吸収液分析計(AI853)の1段目(予告的アラーム;L)が発報した。このとき、職長は AI853 の数値を確認して、アラーム音を切った(吸収液の残存 NaOH 濃度約 3.4wt%)。

(注:除害塔内の NaOH 濃度の低下が進行して T-851 の塩素除害能力が徐々に損なわれていた。)

⑧ 13:35 2段目(検出下限アラーム;LL)の AI853 アラームが発報した(約 0.8wt%)が、職長はこれに気づかず、何も対応を取らなかった。

⑨ 14:00 課長は計器室にスタート状況について問題ないか電話で確認した。

⑩ 14:30 電解槽建屋の塩素ガス検知器(AIA095、T-851 の南東約 40m に設置)が、発報した(塩素ガス濃度 0.5ppm)。

(注:このとき、T-851 除害用 NaOH 水タンク(TK-853A)内にて(1)過塩素化による分解、(2)酸による分解反応によって塩素ガスがタンク内で発生して気相部を充満させ、かつ上記分解反応から生じる反応熱もガス膨張に寄与した結果、TK-853 の大気ベント口より塩素が少量漏出したものと推定される。)

⑪ 1 分以内でアラームは消えたが、発報を確認した職長は、漏れ個所の特定および必要な対応をとるよう現場にいた運転員にページングにて指示した。運転員は、保護具を携帯、着用して、周辺機器を順次点検した。塩水用冷却熱交換器(E-051)付近にわずかに臭気があることを確認したが、他エリアでの臭気は確

認されなかった。隣接の E プラント除害塔（T-704、塩素ガス液化工程の排ガスを除害するとともに、T-851 からの排ガスを受け入れている）の入口濃度が上昇し始めた。

⑫ 14:40 依然として、設備周辺でわずかな臭気があったため、運転員は臭気確認作業を継続した。運転員は、E-051 抜き弁が開いていた（塩水を一時的にパージしていた）ことが原因と考えて閉止し、ページングで職長に報告した。

⑬ 14:50 T-704 の入口濃度が 5%となった。

⑭ 15:00 現場の各運転員から塩素臭気なしが職長へ報告される。担任は計器室で運転員から、E-051 抜き弁を閉止したとの報告を受けたが、AIA095 のアラーム発報については報告を受けていなかった。
1 勤および 2 勤の職長間で個別引き継ぎを実施したが、 AIA095 のアラーム発報およびその後の臭気確認作業については報告されなかった。

⑮ 15:30 運転員は、E-051 抜き弁周辺に付着していた塩素含有物を水洗で除去する作業を実施した（職長、担任への報告なし）。
1 勤および 2 勤の担任間で個別引き継ぎを実施したが、AIA095 のアラーム発報および E-051 抜き弁の閉止については引き継ぎされなかった。

⑯ 15:33 AIA095 が再度発報したので、2 勤の職長は、電解プラントで作業していた運転員に対して、AIA095 の付近を調べるよう指示した（担任への報告なし）。運転員からは特定できないと返答があった。同時に T-851 周辺をチェックしていた運転員からも臭気は感じるが、特定できないと連絡があった。
計器室では、AIA095 アラームは発報を続け、さらに、その近辺の塩素ガス検知器(AIA090)も発報したため、職長は、再度運転員に電解槽（B、C、D 槽）付近を調べるよう指示した（担任への報告なし）。

⑰ 15:34 運転員は作業スケジュールに従い、戻り塩水脱塩素設備(T-272)のエアレーションを開始するため、脱塩素ファン(B-272C)を起動することをページングで職長に連絡し、職長の指示により起動した。

⑱ 15:40 運転員は、戻り塩水脱塩素設備架構 3 階フロアーで塩素臭気を感じたため、戻り塩水クーラー（E-271）入口ガス抜き弁を閉めページングで職長に報告した（担任への報告なし）。その他の運転員は引き続き臭気特定作業を継続していた（その旨の報告はしていない）

⑲ 16:00 課長、副課長、担任、職長により夕方の全体引き継ぎを開始した。

⑳ 16:10 2 勤の職長は、塩水処理排ガス除害塔（T-860）の大気放出口にある遠隔操作弁（ZV860A）が臭気の発生箇所である可能性もあると考え、念のためこれを閉止し、T-851 に通じる遠隔操作弁（ZV860B）を開放した。ブロアー（B-272C）の送気エアーの放出先を T-851 へ切り替えた（担任への相談、報告なし）。

21 16:13 T-851 から 200～300m 風下側に設置されている塩素ガス検知器(AICL21,22,26,27)の指示が上昇したため、引き継ぎ中の課長等に報告した。課長、副課長、担任ともにこの時点ではじめて、本件の異常状態を確認した。T-704 の入口濃度が一気に上昇して 25%程度となる。

22 16:15 報告を受けた課長、副課長、担任は室外に出たところ、臭気を感じたのですぐに計器室に戻り、原因の特定と負傷者の有無の確認を課員へ指示した。DCS 画面でガス検知器アラームの発報状況を確認した。

23 16:16 運転員は現場にて確認作業中、T-851 塔頂から黄色いガスが出ていることを発見し、職長にページングで連絡した。

24 16:16 職長は、直前に操作した ZV860A 閉止および ZV860B 開放の操作が起因と判断して、B-272C を止めさせた。

25 16:17 AICL22 ガス検知器で、瞬間的に 19ppm まで濃度レベルが上昇した。

26 16:18 職長は、塩素ガスの吸収能力を上げるため、T-851 の処理液循環量を最大量まで増量した。課長の指示により、担任が構内一斉放送により避難要請した。

27 16:20 課長は、工場敷地内全エリアの臭気チェックを指示した。副課長は、液塩蒸発設備と排ガス設備の状況をチェックするよう指示した。担任は、現場へ急行して、現場処理の指揮を執った。

28 16:25 運転員が T-851 行きの弁を確認したところ、本来閉止状態にあるべき弁が開放されていることを発見し、ただちに閉止した。その後、職長の指示で、除害用 NaOH 水タンク(TK-853A)を TK-853B に切り替えた。

29 16:25 T-851 から約 1. 3km 風下の河川敷で訓練中の消防署員が塩素臭気確認のため正門に到着した。正門警備班より塩素漏れを報告した。

30 16:30 副課長の指示により、負傷者の有無を確認するため、緊急放送を実施した。

31 16:33 環境安全部長から工場長へ事態を報告し、対策本部設置の指示を受けた。事故対策本部を設置し、被害の確認、被災者の救護等の作業を順次開始した。

32 16:40 地区境界でガス検知器により検知されなくなったことを確認した。所内診療所から救急車が要請された。

33 16:45 愛媛県環境担当課へ報告し、順次、関係行政機関に連絡を実施した。

34 17:03 愛媛県高圧ガス担当課から問い合わせがあり、事態説明した。

35 17:30 副課長より、液塩蒸発設備の停止指示があり、液体塩素の供給を止めた。

36 工場内にいた従業員、関係会社、協力会社社員の合計 23 名が喉の痛み、吐き気などの症状を訴えた。病院で診断を受け医師の判断で経過観察のため入院したが、24 時間経過観察終了時にはいずれも異常が認められず翌日 17:15 までに全員退院した。

37 T-851 から約 2km 風下の河川敷でソフトボールの練習をしていた小学生 4 名が、気分が悪いなどの症状を訴え、病院で診察を受けたが、特段の異常は認められなかった。いずれも同日中に帰宅した。

38 翌 16 日、関係者 5 名が病院で検査を受けたが、検査の結果特段の異常は認められなかった。

事故原因

① この事故は、運転員が電解プラントの除害塔(T-851)行き弁を誤操作で開けたため、塩素循環ラインの塩素ガスが T-851 内に流入するという想定外の事態に端を発している。

② 運転員は、常時閉止となっている当該弁を開とすることが正しい操作であると思い込んで誤操作に及んだ。

③ 作業基準書には、主要な弁の開閉とライン設定の実施を行うことが記述され、簡易フローシートも記載されていたが、個々の弁の開閉状態まで示したチェックリストまでは作成されていなかった。個々の弁の開閉は、現地で運転員が確認して操作していた。

④ この除害塔行き弁の状態は操作した運転員以外のものによってダブルチェックされていなかった。

⑤ T-851 行き弁を開にしたことにより塩素ガスが T-851 内に流入した結果、T-851 吸収液中の残存 NaOH 濃度の低下が始まり、高濃度の塩素ガスが流入したことにより、NaOH 濃度が低下して T-851 の塩素除害能力が徐々に損なわれていった。このため、1 段目の AI853 アラームが発報し、約 2 時間後には 2 段目のアラームが発報した。

⑥ このような状況下でも、当日のスケジュール通り、戻り塩水系の除害準備のた

め、T-860 のガス供給装置であるブロワー(B-272C)を起動した。この操作により、T-860 内へエアーが供給され、T-860 塔頂からエアーが排出されることとなった。その結果、この塔頂部が塩素漏れ箇所ではないかとの疑念を生じさせ、後述の T-860 塔頂のエアー放出先の切り替え操作を誘発することとなった。さらに、B-272C からの吐出圧が最終的には T-851 からの塩素ガスの漏出を招くこととなった。この意味で、B-272C の起動は、本件事故の間接的な原因となった。

⑦ T-860 塔頂のエアー放出先を大気パージから T-851 供給へ切り替えたため、T-860 内のガスが T-851 へ供給された。B-272C による T-860 から T-851 への送気量(約 3000Nm^3/h)が B-801 による T-851 から T-704 への吸引量(840Nm^3/h)を上回る状態のため、T-851 から T-704 へ流れきらない余剰ガスが T-851 の空気取り入れ口より大気へ放出された。また、T-851 の除害能力が正常であれば、放出されるガスは無害化されていたはずであったが、今回のケースでは T-851 の除害能力が失われており、T-851 に塩素ガスが充満していたので、塩素ガスの大量漏出に至った。 T-851 から系外に漏出した塩素ガス量は約 320kg(108 m^3)と推定される。

⑧ T-860 の作業基準書では、異常時の対応において、大気パージ側から T-851 側供給への切り替え手順が記載されていたが、事前に T-851 の状態、B-801 吸引流量を確認する手順とはなっていなかった。

⑨ T-851 除害塔能力維持のためには、除害塔吸収液濃度の管理が重要であり、以下の運転管理基準に従って運転していた。

ア)予告的アラーム(L)が発報したら、吸収液の NaOH 濃度を分析し、規定濃度以下になる前に吸収液タンクを切り替える。なお、検出下限アラーム(LL)発報時の塩素吸収(除害)可能量は約 400kg である。

イ)この検知器では、十分除害能力がある段階で、NaOH 残余濃度の確認を促すため、十分安全側で予告的アラームが発報するよう設定している。また、NaOH 濃度が検出下限以下の状態では、通常の T-851 運転状態時で約 1 ヶ月分の塩素除害能力が持続する。

⑩ 今回は塩素蒸発循環ラインから T-851 への大量の塩素流入という異常な事態が発生していた一方で、職長は T-851 除害塔能力にはまだ余裕があると考え、予告的アラームを確認した後、翌日以降に T-851 吸収液分析を行うこととしていた。さらに、検出下限アラームが発報したが、職長はこのアラームを見落としている(記憶にない)。

⑪ 除害塔能力が過大にあると思いこみ、異常な事態進行の把握が十分にできなかったことは、塩素ガス漏出の未然防止ができなかった一因であった。

⑫ この工場では、保安管理の充実を図るため、保安管理マニュアルを 2007 年 9 月に制定し、運用している。保安･防災意識のレベルアップを目指したものであったが、今回の事故に鑑みると、本来緊張感をもって臨むべき非定常作業である塩素蒸発循環ラインのスタートアップに際し、不十分な面があった。また、異常が起きた後の連絡･通報体制についても、日頃の教育･訓練が十分に体質化されていなかったとも言えるので、防災意識面の甘さがあげられる。

・スタートアップ作業としての意識が不足
・非常時の報告･連絡･相談の不足
・緊急時の初動動作の実践的な対応不足

再発防止対策

Ⅰ.塩素漏出

1. .誤操作・誤判断の防止

塩素蒸発循環ラインおよび除害設備における誤操作および誤判断防止のため、作

業基準書の早直しを行い、基準書を運転員に教育し、変更項目を周知徹底する。

1)塩素蒸発循環ライン・スタート基準

①塩素蒸発循環ラインのスタート作業における個々の弁の開閉状態を示したフローシートおよびチェックリストを作成し、これに従ってライン設定作業を行う。さらに、計器室および現場の運転員がこの図面を同時に参照しながら弁操作を行い、弁の誤操作を防止する。

②確認すべき事項及び行うべき操作をリスト化する。

③誤操作した除害塔行き弁を特定管理弁と位置付け、作業開始前に施錠されていることを運転員と職制とダブルで確認する。

④ライン設定に関して、操作手順が正しく行われているかどうかについて管理職が最終チェックを実施する。

2)T-851 日常管理基準

NaOH の消費速度が速い場合でも、当該除害塔が塩素を除害する能力を維持できるように、吸収液タンクの切り替え基準および緊急時の措置としてプラント緊急停止基準を明確化し、作業基準書に反映させた。

①T-851 吸収液の NaOH 濃度の確認を促す予告的アラームが発報した時点で、吸収液タンクの切り替えを実施する。

②T-851 吸収液の NaOH 濃度が塩素除害能力に余裕がある状態で再度アラームが発報するようにアラーム設定し、この発報を受けて、電解プラントおよび塩素蒸発設備を緊急停止する。

3)除害塔(T-860)工程作業基準

①排ガス中に塩素を検知したとき、および循環ポンプ(P-860)が停止したとき、すなわち大気パージを T-851 供給に切り替えるべき状態に至ったときには、T-851 の運転状態が正常であることを確認した後に、担任以上の許可を受けて運転者が上記の切り替え作業を手動にて行う。

②T-851 の運転状態が正常であるとする判断基準を明確化し、基準書に反映する。

2. 設備管理、運転管理、品質管理に関する対策

1)設備管理

①ガス検知器の新設

・T-851 の空気取り入れ口付近に新たにガス検知器を設置し、アラーム監視する。

・TK-853A＆B 上部のベント口付近にもガス検知器を新たに設置する。

・プラントエリア外に設置しているガス検知器に加え、低濃度レンジのガス検知器を併設する。

2)運転管理

①作業指示書運営要領の見直し

②DCS 監視基準書の見直し

③課内引き継ぎ要領の改定

3)品質管理

T-851 吸収液中の NaOH 濃度の品質管理として、不明確な基準を是正する。NaOH 濃度低下を示す計器(AI853)のアラームにより吸収液タンクの切り替えを実施する。ただし、定期分析による傾向監視は継続する。

3. 防災意識の向上対策

1)全社の取り組み

副社長から、全工場長に対して「安全管理の徹底について」を発行し、本件事故

を周知するとともに類似災害防止対策の実施を指示した。

2)工場としての取り組み

工場長から、工場、研究所、関係会杜の安全管理者に対して、事故の概要説明および防災意識の向上について指導を行った。異常時の「報･連･相」を徹底することを指示し、全製造課で取り組むべき対策について指示した。

3)電解プラント担当課の取り組み

①バルブ開閉に関するヒューマンエラー防止の観点で、以下の 3 点を重点教育項目として実施する。

･徹底した再発防止策の運転員教育
･今回の反省点の提出(全員)と指差呼称の徹底化
･ライン設定時のチェックリスト活用及びダブルチェック

②感受性レベルアップの取り組み

･今回の被害状況を再認識することにより事態の深刻さを全員が認知する
･塩素の物性教育（再度）
･HAZOP（再度）

③通報･連絡体制の拡充を図るための取り組み

･ガス検知器作動時の行動基準見直し、および訓練実施
･塩素漏えい時の通報基準（改定）に基づいた訓練実施

Ⅱ通報および緊急時措置に関する改善

1．緊急時の処置、通報連絡に関する対策

1)電解プラント担当課

①塩素漏えい時の通報･停止･処置基準の改定

塩素ガスの漏えい･拡散を防ぐために、漏えい検知の判断基準とその後のプラント停止作業基準書を再確認し、判断基準および処置基準を改定、工場内への連絡を速やかに行うことを明記。

②塩素関連製品緊急措置基準書リストの改定

隣接工場等における緊急措置基準についても、工場内への連絡を速やかに実施することを明記。

2)非常措置規程の改定

異常現象の定義を見直し、環境汚染を加えたものに改定。

関係官庁への通報を迅速確実に実施できるよう、以下の改善を行う。

①異常現象の定義を工場内に再徹底し、全製造部門で爆発･漏えいに関する通報の基準を見直し、訓練を実施する。

②異常現象別に通報文の雛形を事前準備し、通報の迅速化を図る。

③工場レベル訓練を充実させ事故対策本都要員の実技能力の向上を図る。

2．工場内避難要請の確実な実施

「地区別ガス漏れ応援･協力要領」に従い、地区内の緊急避難訓練を充実させ、警備防災担当課による地区避難要請放送の速やかな実施を含め、実践力を養成する。

3．地域への広報活動の強化

1)初動スピードアップ

2)広報活動の強化･拡充

①連絡対象先の拡大･連絡対象先体制の充実（複数化）

②広報手段の充実（一斉通信設備･広報塔の整備、個別連絡要員の増員）

教訓

① 今回の事故は想定外の事象が重なって発生している。問題の弁は、運転員は開けてはいけない弁と認識していたにもかかわらず、発災時、閉止状態を確認

の後、開放してしまった。このエラーが本件事故の発端となったものである。HAZOP を実施してプロセスの問題点を抽出することは、安全確保に寄与するものであるが、HAZOP では考慮されないヒューマンエラーの可能性を検討に加え、万が一の場合を想定した対策を取ることが必要である。

② 誤開放した除害塔行き弁は、通常は使うことがなく、緊急パージ用に使う弁であるが、特別に管理する弁とは認識していなかった。このため、閉止表示はあるものの、施錠などの措置は取られていなかった。フローシートを見れば、誤開放することにより、異常状態に至る危険性の高い弁であることがわかるので、誤開放を含めた潜在危険の洗い出しにより、特定管理弁として位置付け、常時閉の表示とともに施錠などのハード対策を取るべき弁であった。

③ ヒューマンエラーはいつどこで起こるか解らない。重要作業では、事前にマニュアル、チェックシートなどで具体的に操作内容を確認することは勿論であるが、現場の一人作業でも、重要操作はダブルチェックする仕組みを作ることが必要である。そもそも、この際に使うマニュアル、チェックシートに抜けがあってはならないので、必要項目が全て書かれているか、判断基準が明確化されているかなど再点検すべきである。

④ アラーム発報、ガス検知器の作動時には、原因究明と適切な対応が必要である。アラーム慣れして、直ちにリセットすることのないよう厳重に注意しなければならない。度重なるアラームであれば、マンネリとなるので、適正な設定値に見直し、発報したら確実に対応することを身につけなければならない。最初に発報したアラーム（AIA853）は、通常状態では迅速な対応を取る必要がないアラームであったが、この事故では異常な状態となっており、次のアラームに気づかなかった（リセットしている）ことも相まって、急速に事態が悪い方向に進んでいることが把握できなかった。アラームリストが DCS 画面上に表示されているので、現在の状況を冷静に確認すべきであった。緊急を要するアラーム、余裕のあるアラーム、それぞれ、DCS の表示を変える、警報音を替える、パトランプを点灯する、リセットしても再アラームを発するなど、アラームの性質に応じて画面表示、発報音に違いを出すことで、アラーム発報の際は、常に注意が払われるよう工夫すべきである。

⑤ スタートアップ、シャットダウンなどの非定常作業では、重大事故が発生することが多い。ラインアップ、重要操作などでは、異常を早期に発見し、確実に対応しなければならない。異常判断があいまいなまま作業を進めるべきではなく、シャットダウンする勇気を持つべきである。シャットダウンすべきかどうかは、状況が確実に把握されていなければならず、報・連・相により現場と計器室、管理者との意思疎通が重要である。日頃から管理職、オペレーター、現場担当との意思疎通を図ることが緊急時に実力を発揮する。特に、直の交代時には、十分な引き継ぎ、意思疎通が重要である。この事故では、事故発生から約 1 時間後の 17:30 になってシャットダウンしている。シャットダウンの判断は、適確に、かつ迅速に行わなければならない。

⑥ 計器室では、電解プラントとEプラントの DCS パネルは隣り合わせであった。このEプラントの除害塔（T-703/704）では、T-851 からの排出ガスがブロアーで吸引され処理されている。電解槽建屋のアラームが発報したときに、T-704 の入口濃度も上昇しはじめ、20 分後には 5%となっている。隣接プラントの担当でも、独自に原因を究明していたが、隣の電解プラント担当（T-851 担当）に対して、意思疎通が不充分であった。ここでも、貴重な情報がそれぞれで処理中のため、伝わらず情報共有がなされていなかった。職務の上下関係はもちろんのこと、プラントの横のつながりでも意思疎通が大切である。ハード面では、最終処理する T-704 の入口濃度についても、電解プラント DCS 画面上に表示するシス

テムであれば、共通認識を持てるはずである。ヒューマンエラーとそれを防ぐハード対策が相俟ったシステムを作る必要がある。

⑦ この事故では、被災者が出ていることを確認した状況でも、緊急時に行うべき通報、連絡、広報が後手に回っていた。緊急時の連絡基準を見直し、緊急体制の確立と、通報、避難、広報など、関係者全員に対して繰り返し教育するとともに、訓練を行う必要がある。毒性ガスの取り扱いでは、事業所の作業員に被災者を出さないことはもちろんであるが、第 3 者にも被害を出してはいけない。異常発生時の初期対応がことさらに重要である。

⑧ ヒューマンエラーの怖さ、基本を守ることの大切さがいかに重要であるかが解る事故であった。高さ 30m 近い除害塔から毒性ガスが漏出すれば、広範囲に被害が出る事例でもある。毒性ガスの取り扱いでは、慎重の上にも慎重を期し、事故を起こさないことが第一であるが、被害を拡大させないことも重要である。仕事の基本を繰り返し教育するとともに、異常時対応の机上訓練(シミュレーター)、実地訓練を重ねるべきである。

⑨ ベントスタックから塩素ガスが漏出した同じような事故が 2008 年 5 月 8 日に発生している(KHK ホームページで 2009 年 1 月公開)。他社で発生した事故情報を活用して、事故の未然防止に生かして欲しい。この場合、情報を回覧するのみではなく、保安部門、運転管理部門などでフォローアップのうえ、事業所に則した検討結果、対応方針などを示し、現場で役立つ情報に加工して配布し、フォローアップを行って欲しい。

備考

事故調査委員会
なし

写真・図面

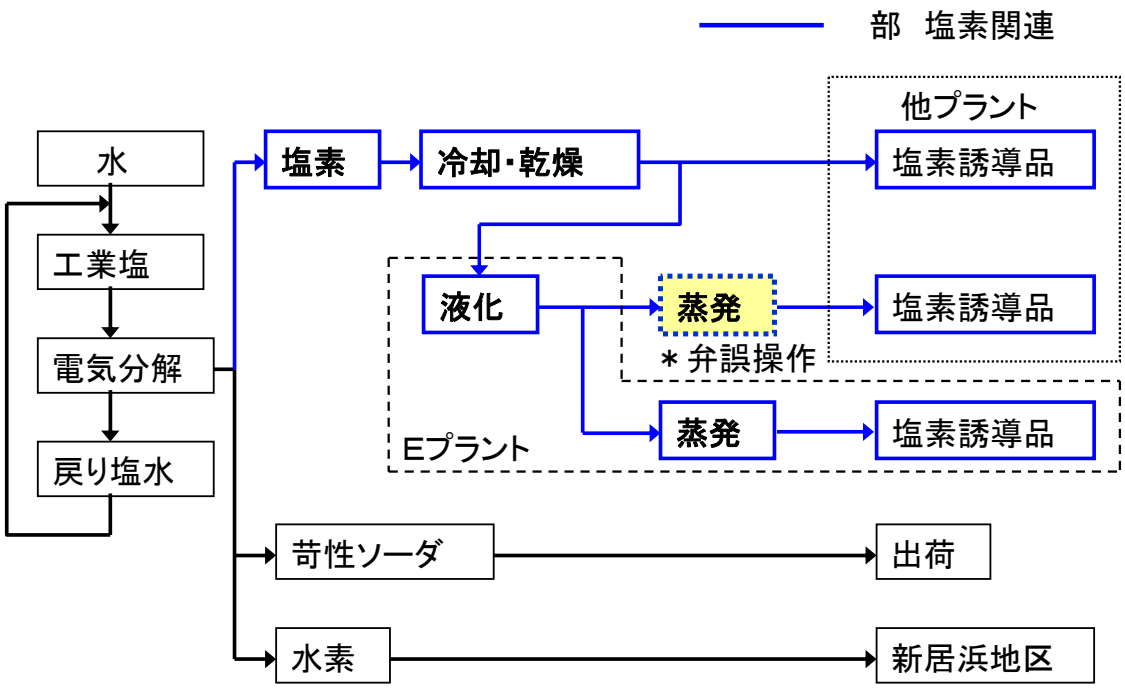


図 1 電解プラントの工程概要

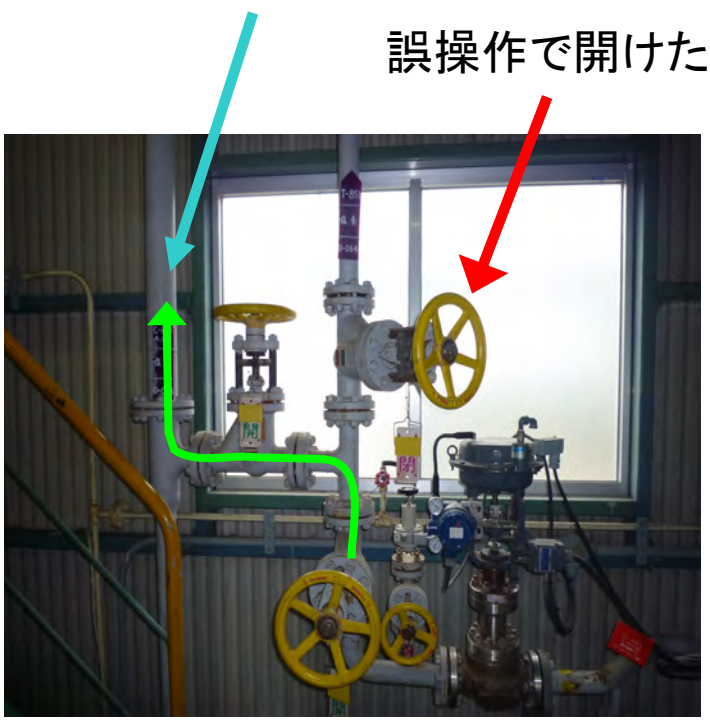


写真１　除害塔(T-851)行き弁の設置状況

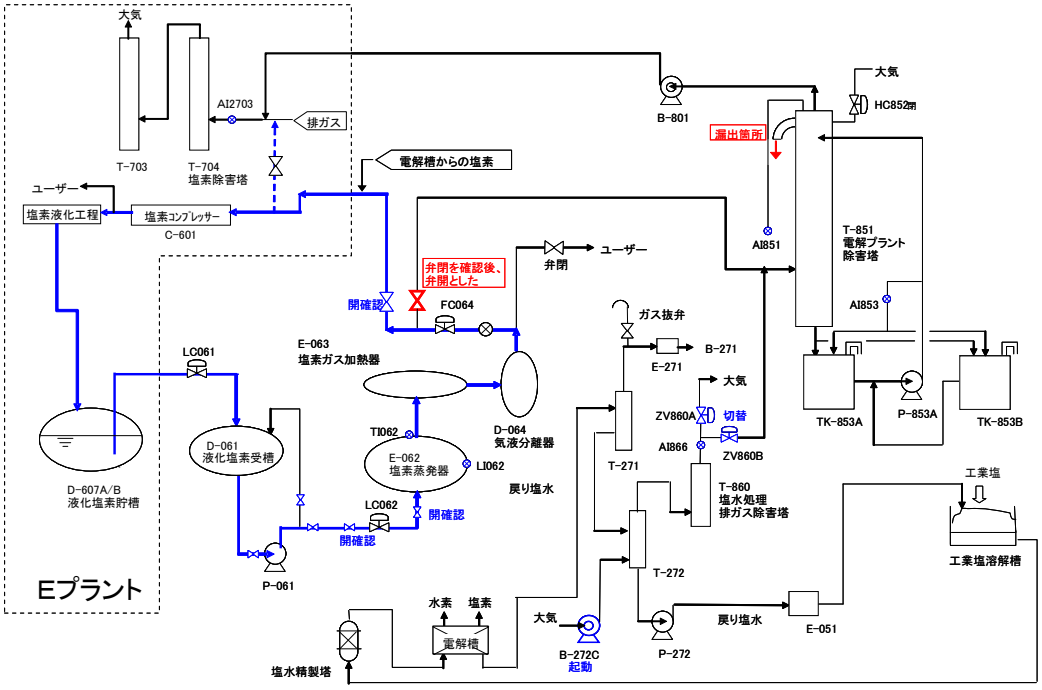


図２　電解プラントの塩素蒸発工程および除害工程のフロー概要

写真 2　漏えいのあった除害塔（T-851　高さ約 27m）

写真 3　漏えい箇所（T-851 除害塔上部空気取入口）

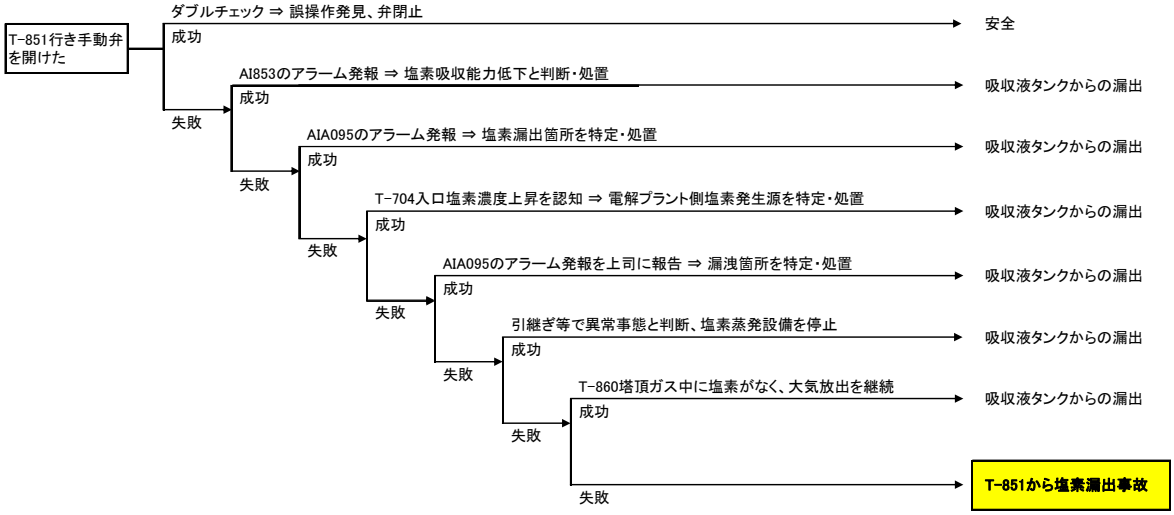

T-851行き手動弁を開けた
ダブルチェック ⇒ 誤操作発見、弁閉止
成功
安全
失敗
AI853のアラーム発報 ⇒ 塩素吸収能力低下と判断・処置
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
AIA095のアラーム発報 ⇒ 塩素漏出箇所を特定・処置
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
T-704入口塩素濃度上昇を認知 ⇒ 電解プラント側塩素発生源を特定・処置
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
AIA095のアラーム発報を上司に報告 ⇒ 漏洩箇所を特定・処置
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
引継ぎ等で異常事態と判断、塩素蒸発設備を停止
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
T-860塔頂ガス中に塩素がなく、大気放出を継続
成功
吸収液タンクからの漏出
失敗
T-851から塩素漏出事故

図 3　この事故の ETA

2.1.17 アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

整理番号	事故名称		
2009-032	アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故		
事故発生日時	事故発生場所		
2009-3-9(月) 11 時 10 分	福岡県太宰府市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
アンモニア空調設備	ヒートポンプユニット 電子式膨張弁	SCPH2	20A
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
アンモニアガス	59.45 冷凍トン	1.9MPa	40℃

被害状況

空調用アンモニアヒートポンプユニットの点検作業中、突然、給液用配管にある電動三方弁が開いて整備中の電子式膨張弁から冷媒のアンモニアガスが噴出し、作業員1名が死亡、8 名が重軽傷を負った。

事故概要

① 事業所には、6 基(1 号機～6 号機)の空調用アンモニアヒートポンプユニットが設置されている。
② 平成 21 年 2 月 23 日から、毎週月曜日の休日を利用して、1 日 1 台の予定でアンモニアヒートポンプユニットの点検を実施し、計 6 週間で空調設備の整備、部品交換を予定していた。
③ 発災当日、3 基目のユニット(2 号機←5 号機←3 号機)の整備作業を実施していた。
④ 作業員 7 名にて、作業手順書に則り、定期メンテナンスを実施することとなっていた。
⑤ 9:30 危険予知ミーティングを開始したのち、ブラインクーラの給液ラインにある電磁弁の交換、および電子式膨張弁の部品交換を行うため、9:45 から、ライン配管中のアンモニア冷媒を温水器(E-03)へ回収した。
⑥ ライン前後の手動弁を閉止して、開放ライン中の残ガスは、真空ポンプによりガス抜きし、水による除害処理を 3 回繰り返した。
⑦ 配管内に残ガスがないことを確認したのち、電磁弁(SOV-01 および SOV-05)を配管から取り外し、ユニットケース外で作業していた。
⑧ ⑦とは別の作業員 A が扉を開放したユニットケース内部に入って、電子式膨張弁の上部を取り外し、部品の交換作業を行っていた。
⑨ 作業員 B が、ヒートポンプの制御ソフトの点検のため、制御盤とノートパソコンを接続し、回路を確認していた。その後、制御盤のシーケンサ「RUN/OFF」スイッチを OFF にした。
⑩ ほぼ同時に、電動三方弁が切り替わり、整備中の電子式膨張弁からアンモニアガスが噴出し、ユニットケース内の作業員 1 名が多量のアンモニアを吸い込みその場に倒れた。
⑪ 作業員 B は異常発生に気付き、RUN/OFF スイッチを元に戻した。
⑫ 近くで作業していた別の作業員がユニットケース内に入ったが、被災者を救出できずいったん待避して、防毒マスクを装着し救助作業にあたった。
⑬ 倒れた 1 名を救助したが、呼吸停止状態であった(翌日、死亡を確認)。
⑭ この他、救出作業に当たった作業員 6 名と管理会社従業員 2 名の計 8 名が被災し、1 名が重傷、7 名が軽傷を負った。

事故原因

① 前週にも 5 号機の電子式膨張弁、電磁弁などのメンテナンスを実施して、安全裡に作業が終了していた。

② 弁のメンテナンス作業とは別に、空調施設の安定運転を目指して、制御ソフトの点検作業が行われていた。
③ この事故までは、制御電源を切って、電磁弁、電子式膨張弁の取り外し、分解整備を行っていた。この作業が終了した後、電源を投入し、制御ソフトの変更、確認作業を行っていた。
④ ところが、発災当日、現場監理者の判断で、これらの作業を同時並行で行うことに変更して、電子式膨張弁などの分解整備と制御ソフトの変更、確認作業が同時に行われていた。このとき、制御電源はONの状態であった。
⑤ 制御ソフトの変更作業の過程で、シーケンサの RUN/OFF スイッチを操作したので、連動して電動三方弁が動いて流路が開き、空気熱交換器からの配管に滞留していた液化アンモニアガスが瞬時に、噴出漏えいした。
⑥ 白煙があがったので、直ちに異常に気付き、スイッチを戻して、電動三方弁を元の状態に戻した(この間約 20kg噴出) 。
⑦ 電子式膨張弁などのメンテナンスと制御ソフトの変更作業は同時並行で行わないことになっていたが、手順書では明確に示されていなかった。
⑧ この施設にはアンモニアが漏れた場合、瞬時に洗浄する安全装置が設置されていたが、保守点検作業のため解除していた。

再発防止対策

① 電磁弁、電子式膨張弁のメンテナンスと制御ソフトの点検作業を同時に行わない。
② 電磁弁、電子式膨張弁のメンテナンスは、必ず制御電源を切ってから実施する。
③ ユニットケース内で電磁弁、電子式膨張弁の取り外しを行う場合は、残留する冷媒を考慮し、防毒マスク等の防護具を装着して作業にあたる。
④ 電磁弁、電子式膨張弁の取り外し後は、閉止フランジを取り付ける。
⑤ 弁類の分解整備は、安全を確保するため、ユニットケース外で行う。
⑥ 作業は必ず 2 人以上で行い、そのうちの1人は作業指揮者として、状況を監視し指示を行う。作業指揮者は直接作業を行わない。
⑦ 上記について、作業手順書に明記し、確実に実施するため、関係者へ教育を行う。
⑧ ユニットケース内のその他の作業に際しても、上記に準じて安全対策を取る。
⑨ 危害予防規定に基づく防災訓練とは別に、ガス漏れを想定した防災訓練を年 1 回定期的に実施する。
⑩ 3 ヶ月ごとに空気呼吸器、ガスマスクなどの取り扱いを繰り返し訓練するとともに、外部から救護に向かう際は、屋外機設置場所に入る前に安全装備の装着を行うこととし、装着訓練を実施する。

教訓

① 毒性ガス、可燃性ガスの開放工事では、ラインの縁切り(仕切板挿入、作業ラインの孤立化など)、自動バルブの制御電源断、駆動源閉止、閉止弁の施錠など、誤開放、誤放出などを防止するための措置を徹底し、実施状況を確認することが重要である。
② 危険性の高い開放工事を実施する際は、危険のおよぶ範囲内の並行作業を禁止する。関係者全員に、作業の危険性について情報を共有すると共に、常に報告、連絡、相談ができるようお互いの意思疎通を図ることが重要である。さらに、緊急時を想定した訓練を継続する必要がある。
③ 事故発生前に実施した 3 号機、5 号機の制御ソフトの確認作業では、電磁弁、膨張弁のメンテナンスが終了した後、制御ソフトの点検作業が行われていた。このとき、弁のメンテナンスでは制御電源を切って実施していた。作業

内容を変更する場合は、変更後の安全性を検証することが重要である。この場合、個人の判断ではなく、変更内容を検討するための組織、仕組みを作り、総合的に検討して判断を下すべきである。作業変更と共に、作業体制の変更を行う場合でも、安全性を検証したうえ、作業を確実に実施するためには、文書による確認、申し送り、引き継ぎが必要である。

④ 作業前の危険源の洗い出し、危険予知活動はトラブル、事故防止の基本である。特に、電子制御機器では、電動弁、電磁弁などのホームポジション、電源 ON-OFF 時の挙動を熟知する必要がある。

⑤ この装置は、環境・省エネに配慮して、アンモニアヒートポンプ方式としたものであるが、アンモニアは毒性ガスであり、あらゆる場面で事故防止を図る必要がある。特に非定常作業時の安全確保が重要である。また、フルオロカーボンであっても、狭い空間に大量漏えいすれば、酸欠の危険が伴うので注意しなければならない。

⑥ 電磁弁、電子式膨張弁のメンテナンス作業にあたって、制御電源を切ることはマニュアルに明記されていなかった。また、電子式膨張弁の整備手順についても明記されたものがなかった。あいまいな手順書、マニュアルなどではトラブル、事故が顕在化しているので、安全を基本とする手順書、マニュアルを定め、関係者に手順書などを遵守することがいかに大切かを教育し、徹底させることが重要である。

⑦ 毒性ガスが噴出する恐れのある場合、防毒面、呼吸器などを常に装着して作業することが決められていても、現場では、作業性が悪いことを理由に守られていないことがある。安全第一で決められたことは、関係者に危険防止のためのノウホワイを教育し、徹底させる必要がある。

⑧ 過去に発生した事故、たとえば空気作動弁が誤作動して火災となり、4 名が死亡した事故、耐圧試験中に被験体が破裂し、並行作業をしていた作業者が巻き添えとなり 1 名が死亡した事故など、類似の事例に関する事故情報を収集し、教訓を生かして、類似災害の防止に努めるべきである。

備考

事故調査委員会

写真・図面

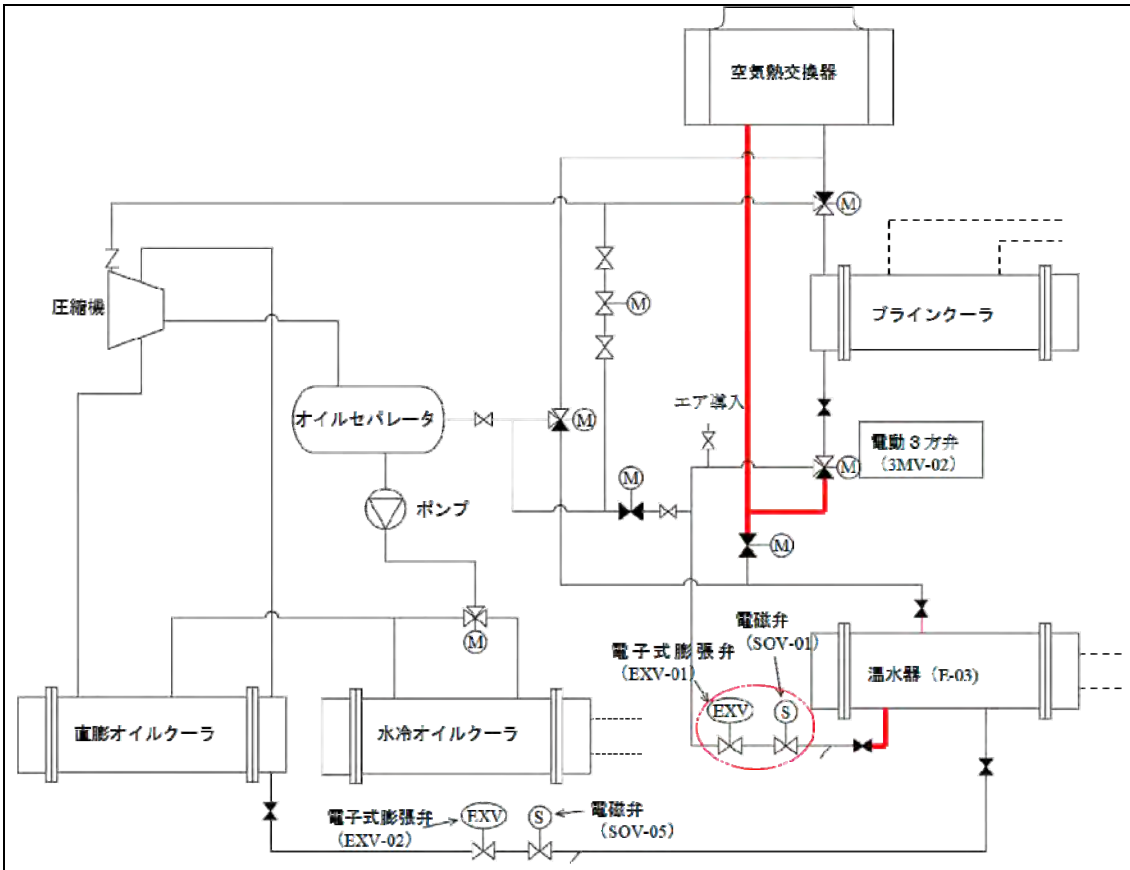


図１ ヒートポンプユニットのフロー概要（赤ラインは、作業前の液アンモニアの残留状況）

写真１ 機器の設置状況

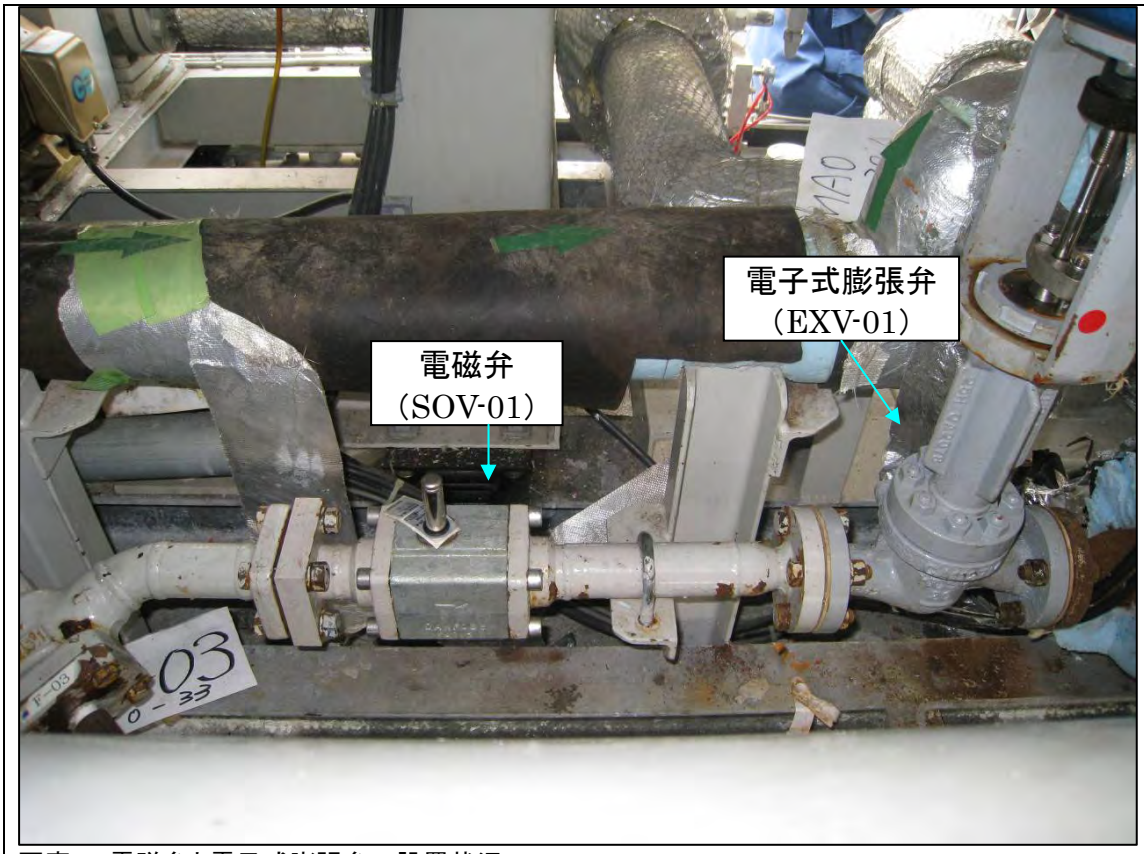


写真 2　電磁弁と電子式膨張弁の設置状況

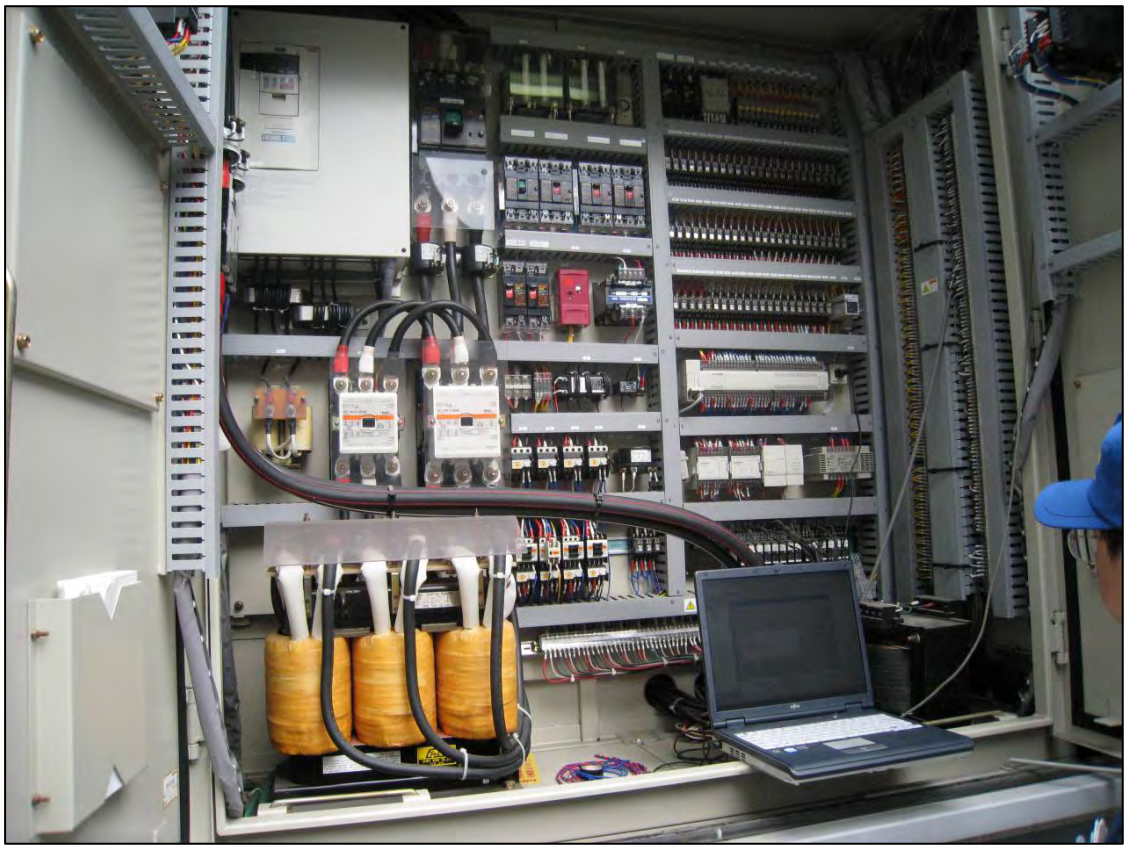


写真 3　制御ソフト点検の状況

写真 4　電子式膨張弁の外観（20A フランジ面間 194mm）

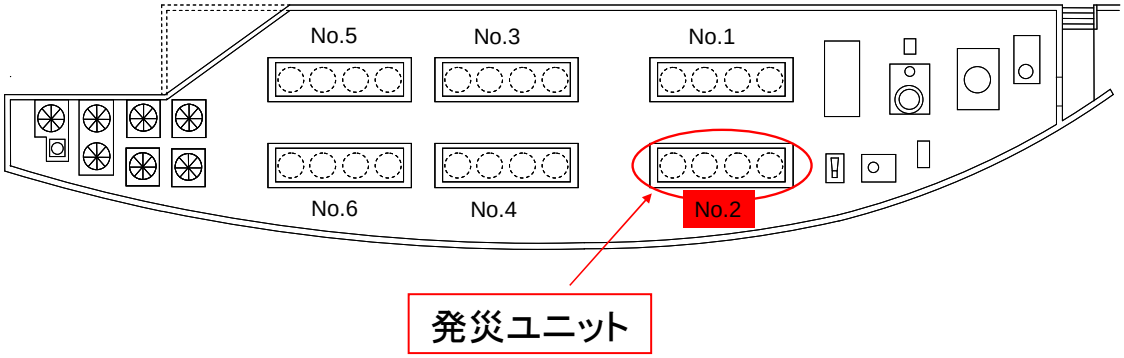


図 2　機器配置の概要

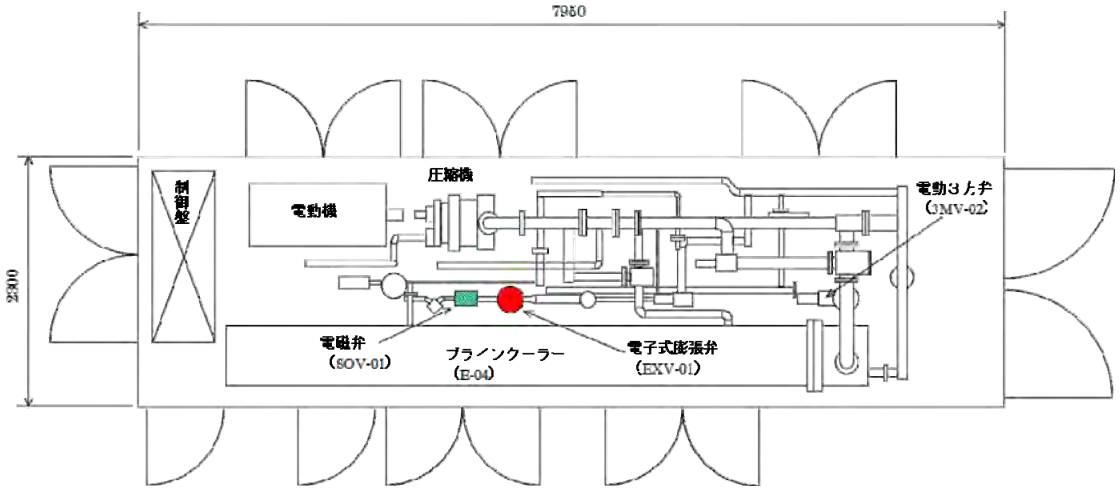


図 3　ユニットケース内の機器配置概要（整備中の電子式膨張弁（赤丸印）からアンモニアが噴出）

2.1.18 プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管からの漏えい

<table>
<tr><td>整理番号
2008-527</td><td colspan="4">事故名称
プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管からの漏えい</td></tr>
<tr><td colspan="2">事故発生日時
2008-9-1(月) 23 時 30 分</td><td colspan="3">事故発生場所
茨城県神栖市</td></tr>
<tr><td colspan="2">施設名称
エチレン製造施設</td><td>機器名
プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管</td><td>主な材料
STPG370S</td><td>概略の寸法
1B×Sch80</td></tr>
<tr><td colspan="2">高圧ガス名
プロピレン</td><td>処理能力(Npl.)
約 363 百万 m^3/日</td><td>常用圧力
1.67MPa</td><td>常用温度
−40℃～75℃</td></tr>
<tr><td colspan="5">被害状況
エチレン製造施設の定常運転中、ガス検知器が作動し、現場調査を行ったところ、プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管の取り出し部からの漏えいを確認した(人的被害なし)。</td></tr>
<tr><td colspan="5">事故概要
① 定常運転中のエチレン製造施設で計器室のガス検知器が発報した。
② 直ちに、現場調査を行ったところ、エチレンプラントに付属する冷凍設備であるプロピレン冷凍圧縮機(2K-500)4 段吐出ドレン配管の取り出し部より、プロピレンガスが漏えいしているのを発見した。直ちに、119 番通報を実施した。
③ エチレンプラントの緊急停止操作を開始し、漏えい源のプロピレン冷凍圧縮機を縁切りして、脱圧後、窒素パージを行った。
④ 漏えい発見から約 1 時間 25 分後に漏えい部付近のガス濃度が LEL0%を確認した。(人的被害なし)。</td></tr>
<tr><td colspan="5">事故原因
① 漏えい箇所の外観点検の結果、プロピレン冷凍圧縮機吐出ドレン配管の溶接部近傍に割れを認めた。
② 配管、サポート部の変形等はなかった。
③ SEM 観察の結果、破面にはストライエーションが確認され、疲労破壊による開口と判断された。
④ 溶接部は、平成4年の施工時に浸透探傷検査を実施しており、問題ないことを確認していた。また、事故後に放射線透過試験を実施し、溶接施工上の問題はないことを確認した。
⑤ プロピレン冷凍圧縮機は、平成 4 年の建設当初より、運転時の振動が発生しており、建設コントラクターとともに状況把握、対策の検討を重ねてきた。
⑥ 平成 18 年には、吐出配管の振動測定、解析を行った結果、流体起因の振動が発生しやすい形状になっているものと考えられ、配管の部分改造、サポートの増設など、振動対策を平成 21 年の定期修理で施工するよう計画していた。
⑦ このプロピレン冷凍圧縮機は、平成 4 年のプラントスタート以来使用しており、これまでに 22 回の起動操作を実施している。この圧縮機の起動開始時には、吸入最低必要流量を確保する必要から、吐出側から、各段吸入側に戻すミニマムフローラインを使用している。起動開始時には、ミニマムフローラインを必要とし、このとき、4 段吐出配管で振動が発生することが確認されており、今回の定修においても、同様の振動があったことを運転員が確認している。
⑧ このドレン配管の固有振動数を計測した結果、7.5Hz であり、4 段吐出配管の運転中の振動周波数が7Hz であることから、共振する可能性が高いが、</td></tr>
</table>

運転時の配管振動では、割れ発生部に生じる応力は有限要素法により75MPa と計算され、疲労限度以下である。

⑨ ただし、起動時の振動を事故後に測定、検証した結果、振幅は 400μm、振動周波数は 1.9Hz の状態が 3 時間程度続くことが分かり、有限要素法によって、発生応力は 133MPa と推定された。これは疲労限度以上の応力であり、約 3 時間×22 回での繰返し数 4.5×10^5 回で疲労破壊に到ったと考えられる。

⑩ 従って、この事故の原因は、プロピレン冷凍圧縮機の起動時、配管に発生する低周波の振動によって、圧縮機吐出ドレン配管のソケット溶接止端部付近で疲労破壊に至ったものと推定している。

再発防止対策

① 発災した吐出ドレン配管を更新する。
② 振動解析を行い、サポートを増設して、共振を防止し、疲労限以下とする。
③ ソケット溶接部に補強のリブを取り付ける。
④ 水平展開として、類似配管を確認し、異常箇所は補修、補強する。
⑤ 通常運転において、振動が発生している配管と運転員からのヒヤリングに基づき、スタートアップなど非定常時に特異な振動が発生している配管の 1)小口径配管取り出し溶接部、2)小口径ノズル溶接部、3)本管との分岐部、4)溶接接合しているサポート部の検査を実施して、異常の有無を確認する。

教訓

① 定常時と非定常時に発生する振動、往復運動で発生する振動、回転運動で発生する振動、流体振動など、振動対策を完全に施工することは容易ではない。設計時にドレン配管を含めた全ての振動解析を行うことは、費用も期間もかかり、必ずしも現実的ではなく、実際の施工によっても固有振動数は変化する。設備の完成後、定常運転、スタートアップ時の特異な振動にたいして、運転と設備管理のメンバーは常に注意を払う必要がある。
② 圧縮機のスナッバーなどは、ノズル取り出し部に補強のリブが設置されているものがほとんどである。過去の経験、知見に基づき取り付けられているものと考えられ、圧縮機、ポンプの吐出配管など振動が顕在化している配管からの枝管、ドレンノズルなど、補強のリブを取り付けることも振動対策の一つである。この場合、補強リブの取り付け溶接部は、耐圧部の溶接と同等な健全性を確保する必要がある。
③ ベントノズル、行き止まり配管、小口径配管など、目の行き届かない配管に着目して欲しい。

備考

事故調査委員会

写真・図面

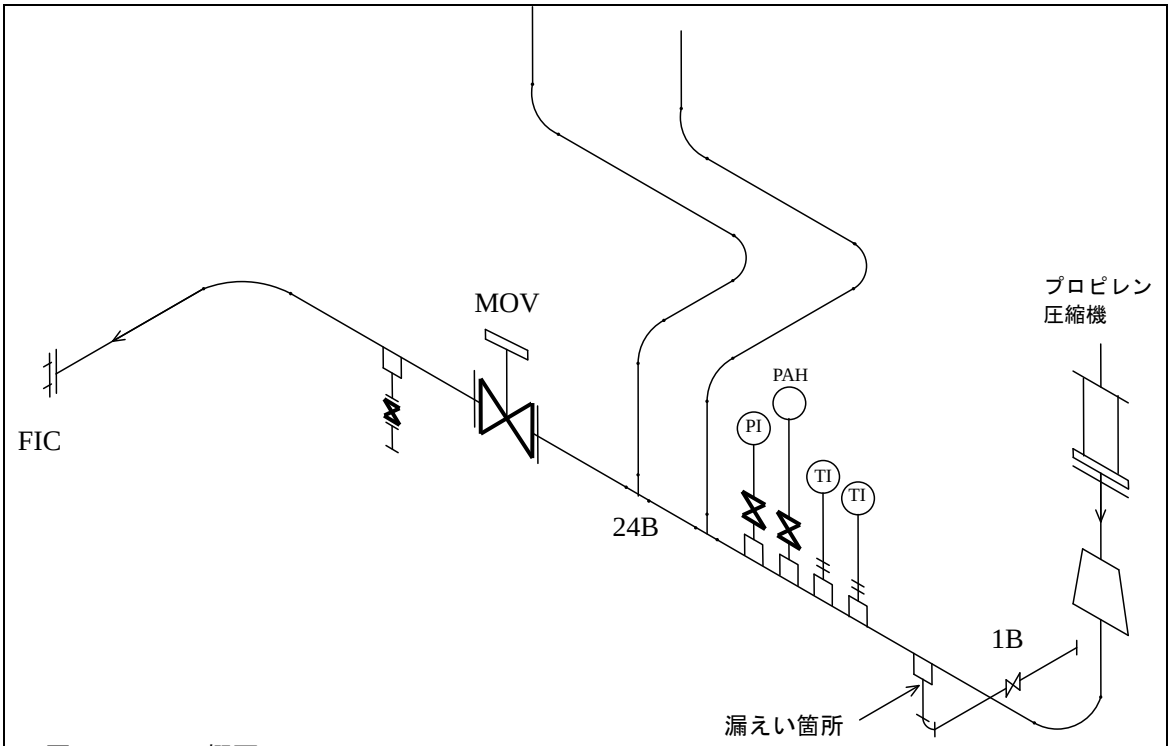


図１ フローの概要

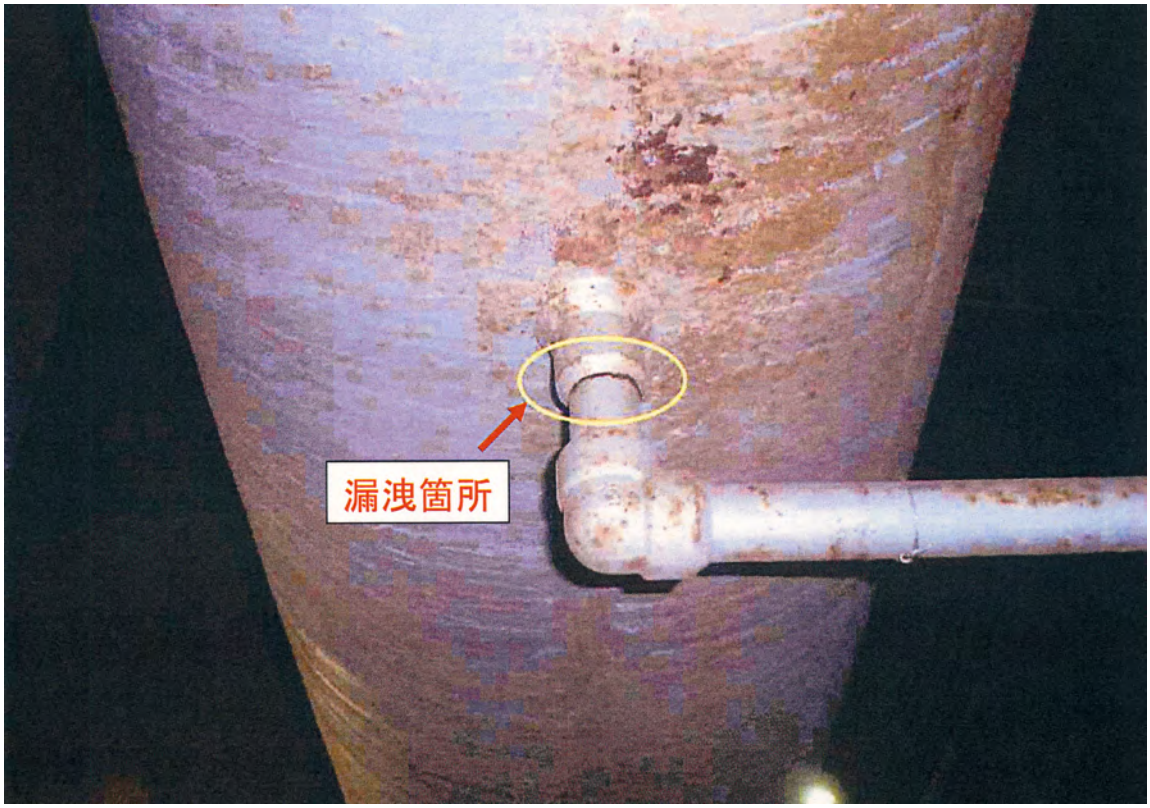
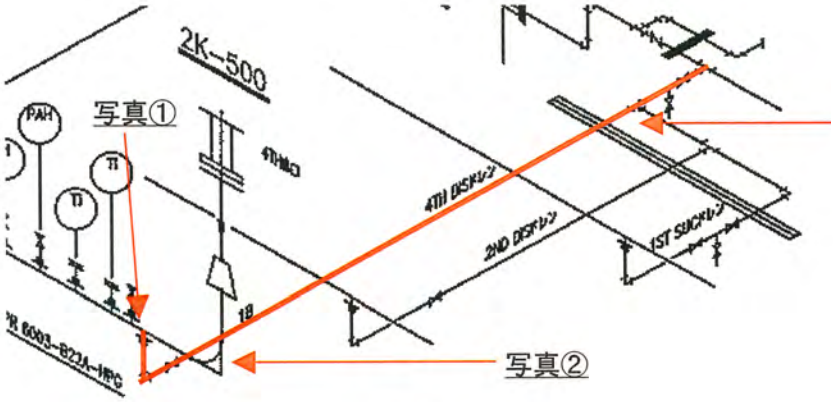
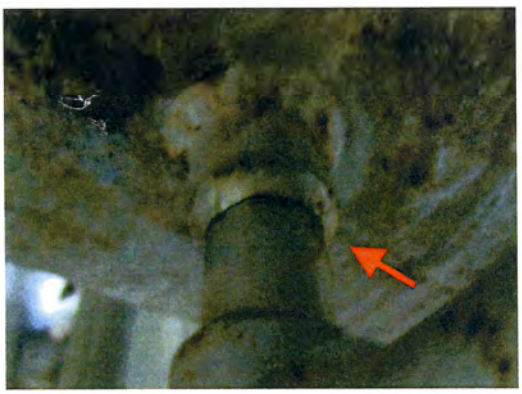


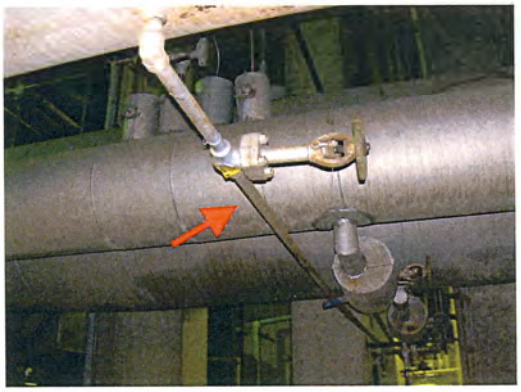
写真１ 割れの状況



＜当該ライン　スプール図＞



写真①



写真②

図 2　漏えい箇所の状況

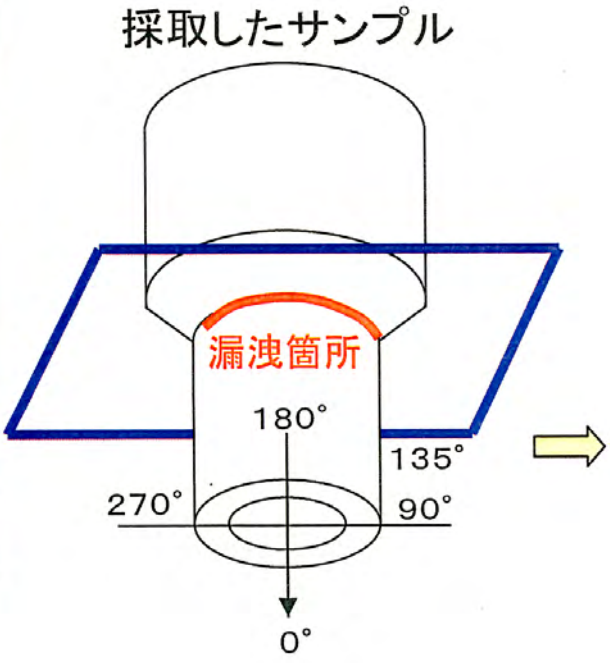


図 3　割れ部の状況

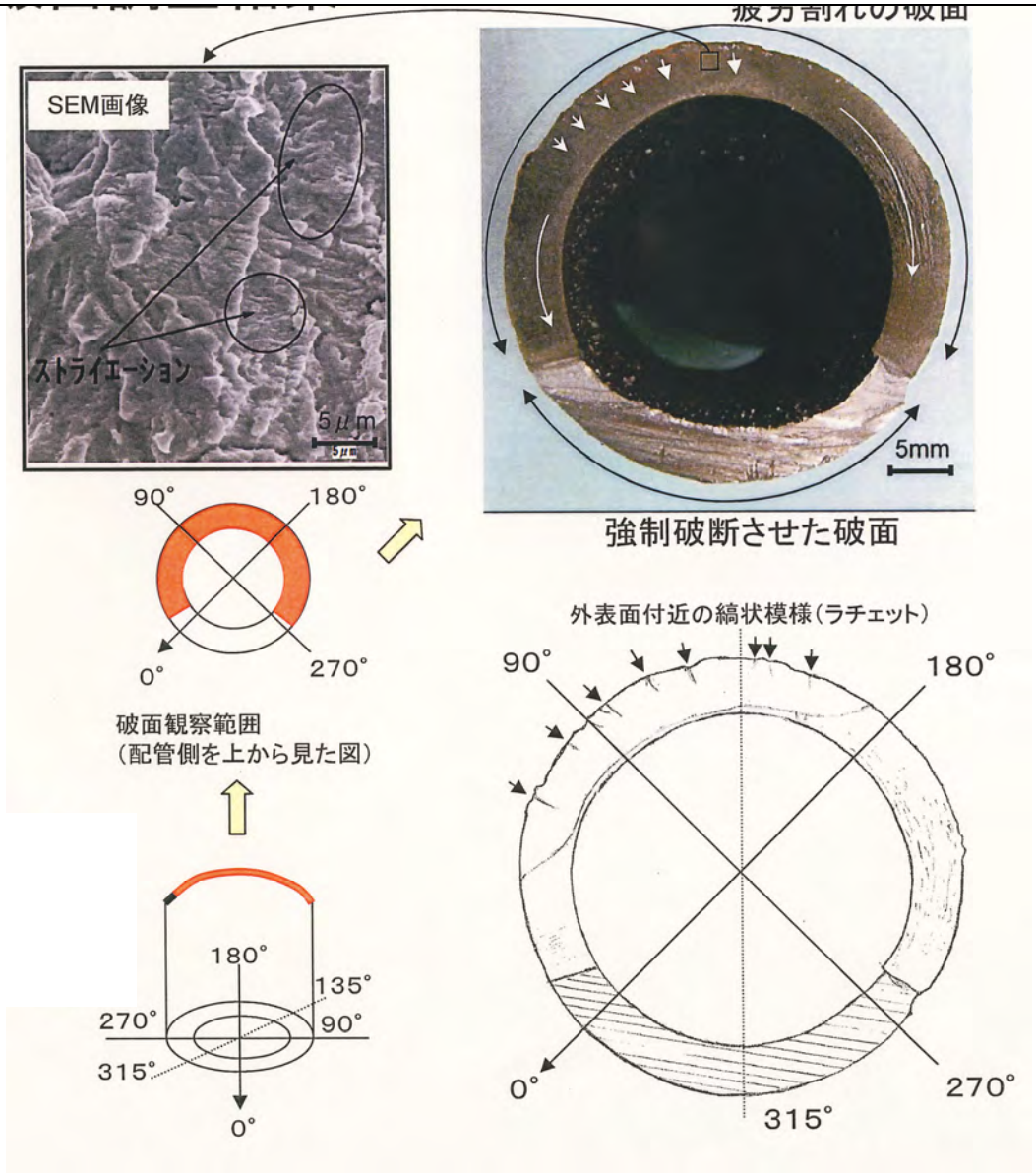

疲労割れの破面
SEM画像
ストライエーション
5μm
5mm
強制破断させた破面
90°
180°
0°
270°
破面観察範囲
（配管側を上から見た図）
外表面付近の縞状模様（ラチェット）
180°
135°
270°
90°
315°
0°
90°
180°
0°
270°
315°

図 4　破面の状況

2.1.19 高級アルコール製造施設のフランジ部の火災

整理番号	事故名称
2008-540	高級アルコール製造施設のフランジ部の火災

事故発生日時	事故発生場所
2008-9-11(木) 0 時 52 分頃	千葉県市原市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
高級アルコール製造施設	反応器入口配管フランジ部	フランジ:SUSF304 ガスケット:炭素鋼(軟鋼)	フランジ:JPI2500LB、2-1/2B ガスケット:リングジョイントガスケット(オクタゴナル)

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
オキソガス(一酸化炭素＋水素)	941 千 m^3/日(標準状態)	20.3MPa	150℃

被害状況

高級アルコール製造施設における、オキソ反応工程の反応器入口配管フランジ部からオキソガスが漏えいし、火災となった(人的被害無し)。

事故概要

0 時 50 分　計器室にて異音に気付いた。

0 時 52 分　設備のパトロールを行ったところ、高級アルコール製造施設内のオキソ反応工程における、反応器入口配管のフランジ部において火災を発見した。
(漏えい部直近にある定置式ガス検知器は作動していないことから、漏えい直後に着火したと推定される。)

0 時 56 分　当該オキソ反応工程を停止し、脱圧を開始した。消火活動を行うと一酸化炭素の拡散の恐れがあるため、炎が拡大しないことを確認後、消防局の了解を得て消火せずに脱圧を継続した。

3 時 14 分　脱圧が完了し、小型粉末消火器 2 本にて消火した。

3 時 40 分　消防局より鎮火宣言が出された。

点検状況、原因

◎配管フランジ部点検状況

①発災箇所の下流には、フランジ接続により遮断弁が接続されているが、当該個所のガスケットは、遮断弁定期整備のために取り外した際、SUS製ガスケットに変更されていた。このSUS製ガスケットは、孔食などの発生も無く健全だった。

②ガスケット(材質:炭素鋼←発災後の事故調査時は、材質について、記録などによりしっかり確認されていなかった)の内側テーパー面(全周の1/5)が局部的に腐食していた。

◎ガスケット腐食原因

①流体に一酸化炭素(CO)が含まれることから、COに起因する鉄カーボニル腐食が主因と推定される。フランジ溝とガスケットの摺り合わせ不足によるガスケット面の不均一、ステンレス鋼のフランジと炭素鋼のガスケットの組み合わせによる異種金属接触腐食が影響した可能性もある。なお一見メタルダスティングの様相を呈しているが、運転条件が圧力約16MPa、温度約150℃であり、メタルダスティングの発生領域には該当しない。

◎火災原因

①漏えいしたオキソガス(一酸化炭素＋水素)に着火した原因は、漏えいの際に静電気が発生し、オキソガス中に含まれる水素ガスの最小発火エネルギーに達したためと推定される。

◎管理上の問題

①平成 10 年に当設備が製作(増設)された当時、設計上、配管系は全て SUS で計画されていた。しかし、ガスケットについては、リングジョイント取り付け時の締め付け易さから、SUS よりも硬度が低い炭素鋼も認められていた。

②リングジョイントガスケットの摺り合わせ、当たり面の基準、検査基準、交換周期の基準など、ガスケットに関する管理基準がなかった。

③発災箇所のフランジについては、設備の稼働当時から開放されたことが一度もなく、腐食の度合い、進行について把握していなかった。

再発防止対策

①ガスケット材質を、炭素鋼から SUS304 に変更した。

②水平展開として類似箇所を点検し、ガスケット交換を実施した。

③高圧部に使用するガスケットに関し、フランジ当たり面の管理、点検、交換周期の設定などの管理基準を定め、従業員に周知、教育を実施した。

④腐食したガスケットのサンプルを、関係者への教育資料として展示することとした。

教訓

①腐食、劣化、疲労など、材料に起因する問題が発生した場合、材料の種類を特定しなければならない。材料が推定のままでは、調査結果、さらには対策についての信憑性が疑われる。

②腐食性流体を取り扱う設備に使用するガスケットなどの材質を十分検討し、腐食の状況を把握し、維持管理基準を徹底する。

③SUS フランジに炭素鋼のジョイントでは、異種金属接触腐食の懸念があるため注意が必要である。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

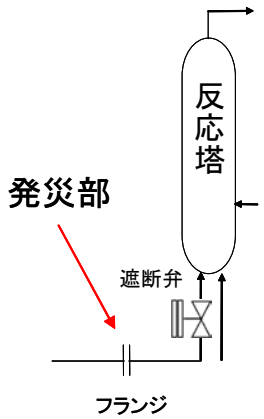


図 1　発災フランジ付近概略図

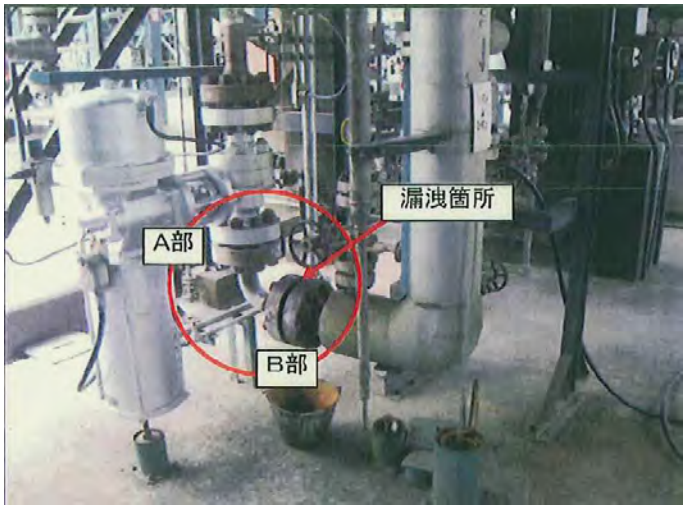


写真 1　漏えい箇所

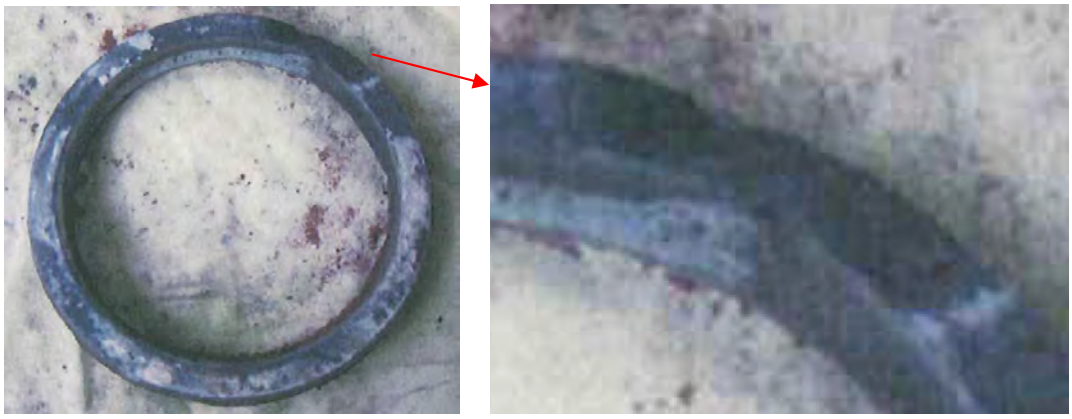


写真 2　ガスケットの腐食状況

写真 3　発災フランジの炭素鋼製ガスケット及び付近の SUS 製ガスケット

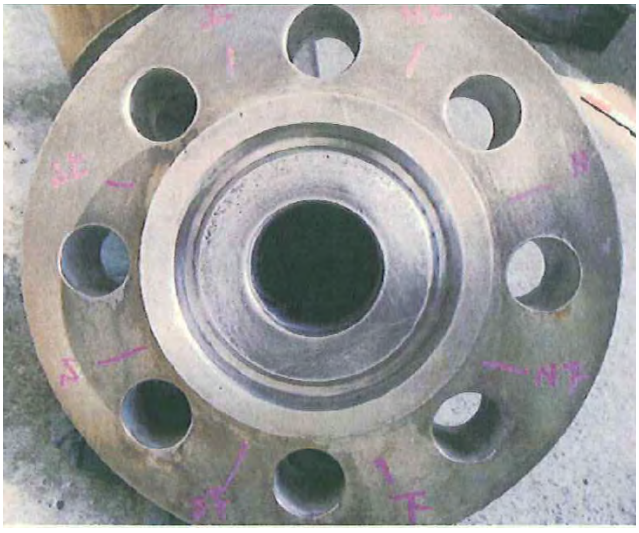


写真4　フランジの状況

2.1.20 水素ガス製造設備における配管溶接部からの漏えい

<table>
<tr><td>整理番号
2008-603</td><td colspan="3">事故名称
水素ガス製造設備における配管溶接部からの漏えい</td></tr>
<tr><td colspan="2">事故発生日時
2008-10-14（火）　17 時 2 分</td><td colspan="2">事故発生場所
新潟県上越市</td></tr>
<tr><td>施設名称
メタノール分解法水素ガス製造設備</td><td>機器名
分解系パージ配管</td><td>主な材料
STPG370S
S25C</td><td>概略の寸法
1･1/2B
Sch.80</td></tr>
<tr><td>高圧ガス名
水素、CO_2、CO</td><td>高圧ガス製造能力（Nol.）
約 196 千 m^3/日</td><td>常用圧力
2.35MPa</td><td>常用温度
37℃</td></tr>
<tr><td colspan="4">被害状況
水素ガス製造設備において、パージ配管のスミ肉溶接部に発生した応力腐食割れから、水素と二酸化炭素を主成分とするガスが漏えいした（人的被害なし）。</td></tr>
<tr><td colspan="4">事故概要
① 17:02 メタノール分解法水素ガス製造設備（完成検査 1997 年 5 月）において、反応器付近に設置してあるガス検知器の警報発報があった（指示値は、5～10%L.E.L）。
② 17:05 現場付近において、ガス検知器を用いて漏えい部位の特定を行う。
③ 17:20 概略の漏えい部位を特定した。
④ 17:25 工場環境保安部に連絡するとともに、工場各部署へ装置停止に伴う連絡を行った。
⑤ 17:31 緊急停止操作を行い、17:32 緊急停止が完了した。
⑥ 17:41 減圧操作を開始した。
⑦ 17:50～ 消防本部、新潟県高圧ガス担当へ通報を行った。
⑧ 17:58 減圧完了後、窒素パージを開始した。
⑨ 漏えい量は、約 0.5 m^3（Nol.）と推定。</td></tr>
<tr><td colspan="4">事故原因
① 漏えい部は、パージ配管にあるソケットエルボのスミ肉溶接部の下側であった。
② 下側のスミ肉溶接線上に配管内面から外面に向けて貫通割れが発生していた。上側溶接線には割れはなかった。
③ その後の調査で、同じ環境下（流体、温度）で、割れ発生部と同じ炭素鋼のフランジ内面のスミ肉溶接について、複数箇所で割れが発見された。外面溶接部については割れの発生はなかった。
④ 同じ環境下の炭素鋼の突き合わせ溶接部については、割れは発見されなかった。
⑤ SUS304 製のノズルでは、割れは発見できなかった。
⑥ したがって、割れは、吸収塔出口から、吸着塔入口までの炭素鋼配管とノズルの接ガス部にあるスミ肉溶接部（ソケット、フランジ）で選択的に発生していた。
⑦ 割れ部のスミ肉溶接部は、硬度が母材に比べて高かったが、分析の結果、異材混入はなかった。
⑧ 配管内の流体は、水素および二酸化炭素を主成分とする 30℃～40℃の水分飽和のガスである。
⑨ 配管には、スチームトレースおよび断熱保温が施工されているが、夏季にはスチームトレースを停止していた。
⑩ さらに、割れ箇所であるパージラインなどの枝管には、スチームトレース、断熱保温が施工されていなかったので、流体温度が露点以下となっていたことが考えられる。</td></tr>
</table>

⑪ このため、結露、滞留した水分へ二酸化炭素が溶解し、炭酸腐食が発生し得る環境下で一酸化炭素が共存することにより、スミ肉溶接部の硬度が高くなっている部分で、$CO-CO_2-H_2O$ による炭素鋼の応力腐食割れが発生した。

⑫ 貫通割れに至ったパージラインのソケットエルボのスミ肉溶接部は、裸配管であり、行き止まり配管の最下部であるため、液溜まりによる腐食環境に最もなりやすい部位であった。

⑬ この貫通割れ部から、内部流体が漏えいした。

⑭ 割れ発生箇所であるスミ肉溶接部は、年 1 回、内部目視確認を行ってはいたが、非破壊検査は実施していなかった。

再発防止対策

① 結露防止対策

・枝管などについてもスチームトレースおよび断熱保温を施工する。

・スチームトレースについては、年間を通じ通気を行い、配管の温度が吸収塔出口のガス温度を下回ることがないようにし、日常点検項目に配管温度測定を追加して日常管理を行う。

② 更新配管の溶接管理

・欠陥の発生した吸収塔出口から吸着塔入口までの配管を更新する。

・吸着塔（VE-203A）の下部入口ノズルのフランジ溶接部については、欠陥部位を除去後に溶接肉盛り補修を行う。

・溶接時は、予熱、後熱処理を行い、溶接部の急冷による硬化が発生しないよう熱管理を行う。

③ 振動防止対策

・パージ配管の振動防止対策として、アングル材に U バンド止めの方法から、配管エルボ部にダミー配管を溶接し、架台にボルト止めするトラニオンサポート構造とする。

・配管立ち下がり部にサポートを追加する。

④ 定期点検

・更新配管については、定点を定め、毎年の定期自主検査時に内面溶接部の浸透探傷試験を行い、欠陥がないことを確認する。

⑤ 水平展開

・同様なプロセスを採用している他工場についても、同じ対応を取る。

教訓

① エンジニアリング会社では、フランジ内面のシール溶接部の割れ事例を承知していたが、工場サイドへ情報提供していなかった。したがって、工場サイドでは、情報がないことから対応がなされていなかった。プロセスライセンサー、エンジニアリング会社などは、プラントユーザーに対して、同様なプロセスで発生した事故、トラブルなどの保安情報の共有化を図るべきである。また、プラントオーナーは、保安情報の入手に努めなければならない。

② 炭酸腐食、一酸化炭素を起因とする応力腐食割れ、結露環境、スチームトレースの停止、行き止まり配管など、事故が発生してみると、過去の事故事例からも最も懸念される箇所である。現実には、小口径配管は見のがされがちであり、注意しなければならない。小径配管では、内面腐食、外面腐食、保温材、振動、疲労などについても同じように注意しなければならない。

③ この配管は、12 月から 3 月にかけて現場施行されている。一般的な炭素鋼であっても、溶接後の熱管理がなされていない場合、内部流体によっては、

応力腐食割れの発生が顕在化する。

④ 発災部の溶接を見るところ、スミ肉溶接のノド厚が不足気味であり、差し込まれている配管が差し込みエルボのエンドに当たっているなど、溶接施工が適切ではなかったと思われるものであった。現場溶接の良し悪しが運転後の維持管理、保安管理に効いてくるので、溶接施工には十分注意しなければならない。

⑤ 現場を確認したところ、ガス検知器と漏えい源は離れていたが、適確に検知することができた。漏えい流体は、水素リッチでもあり、ガス検知器で適確に発見され、爆発、火災などの大事故への発展を未然に防止した好例である。

備考

事故調査委員会

なし

写真・図面

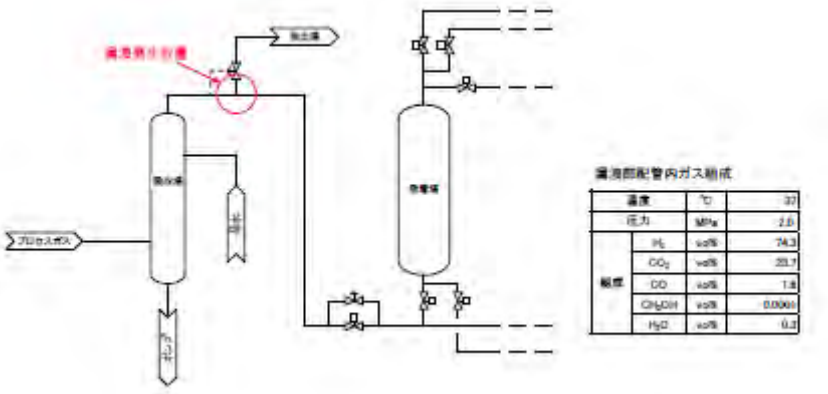


図 1　フローの概要

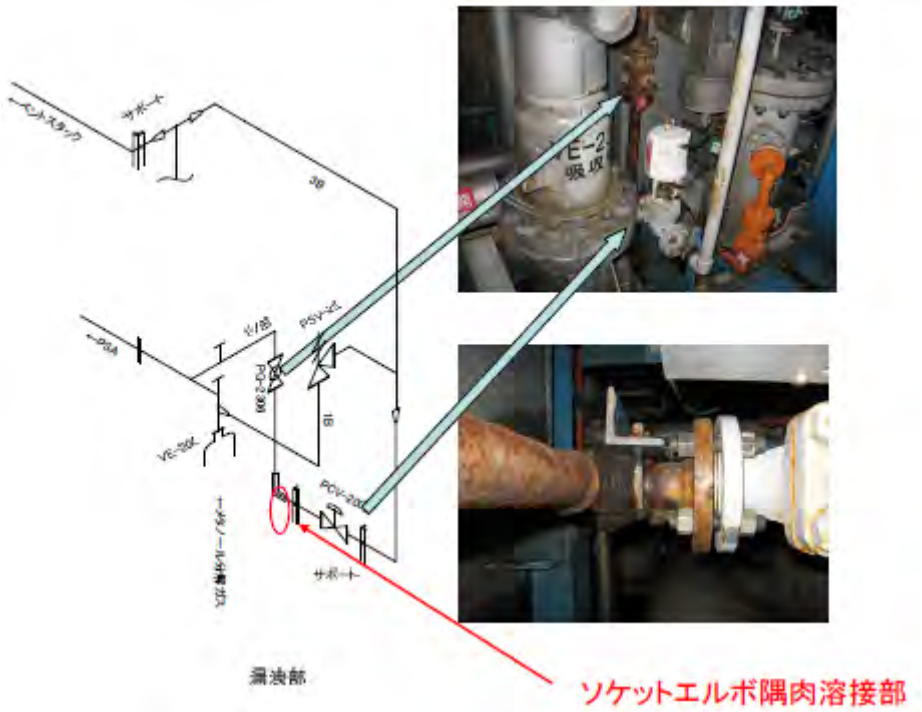
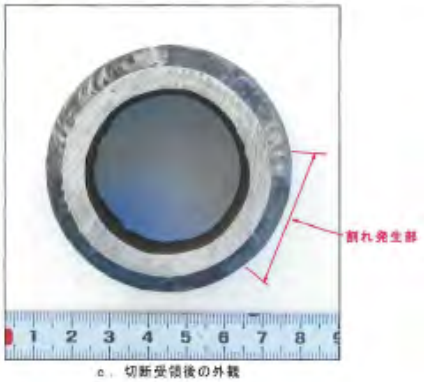
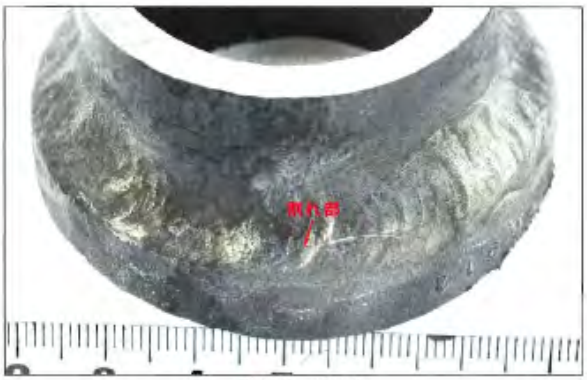


図 2　発災部の状況

写真 1　ソケットエルボのスミ肉溶接部

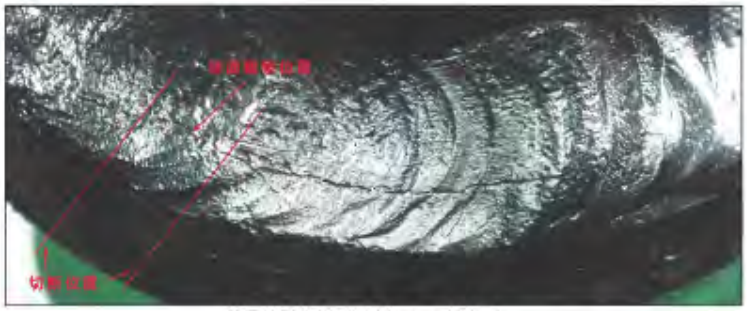


c．切断受領後の外観



d．割れ部一部拡大

写真 2　スミ肉溶接部の割れ発生部



破面観察位置（写真2-1 a を引用）

e．同左一部拡大　×2000

k．同左一部拡大　×400

写真 3　割れ部の詳細

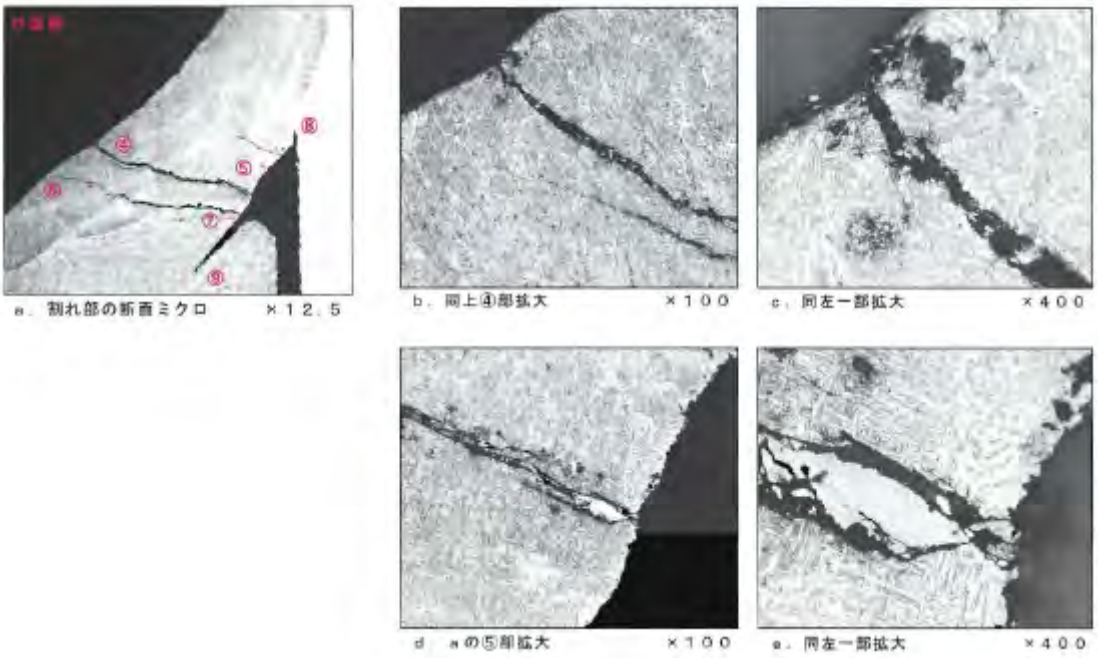


写真 4　割れ部のミクロ写真

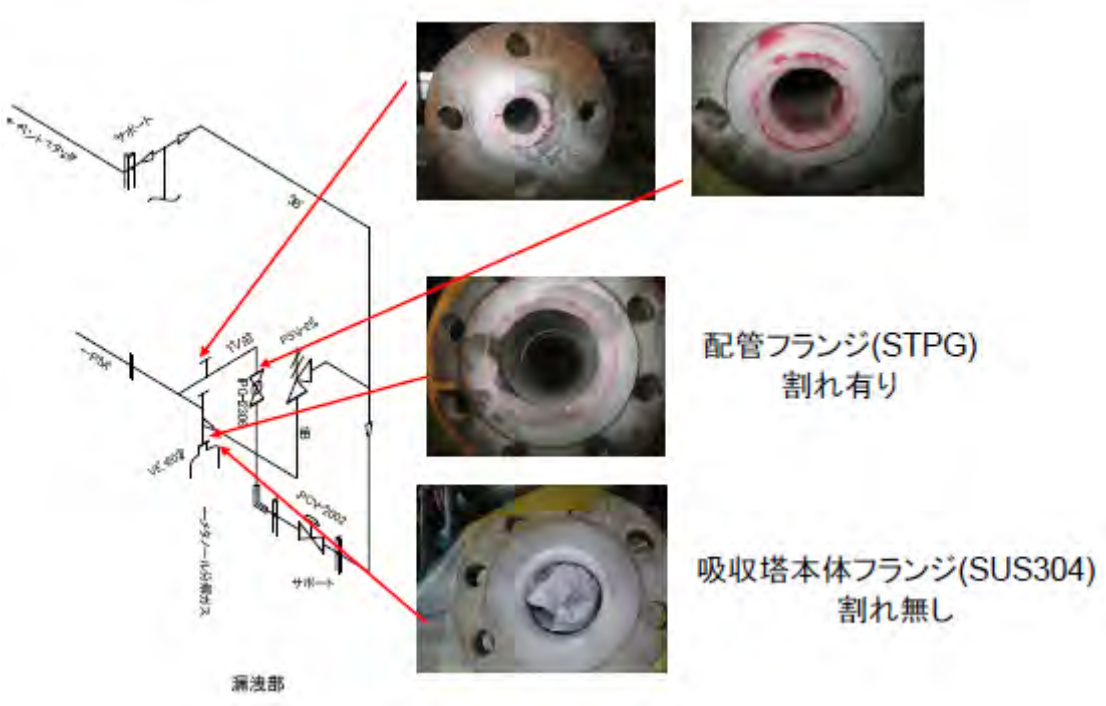


写真 5　隣接フランジの状況

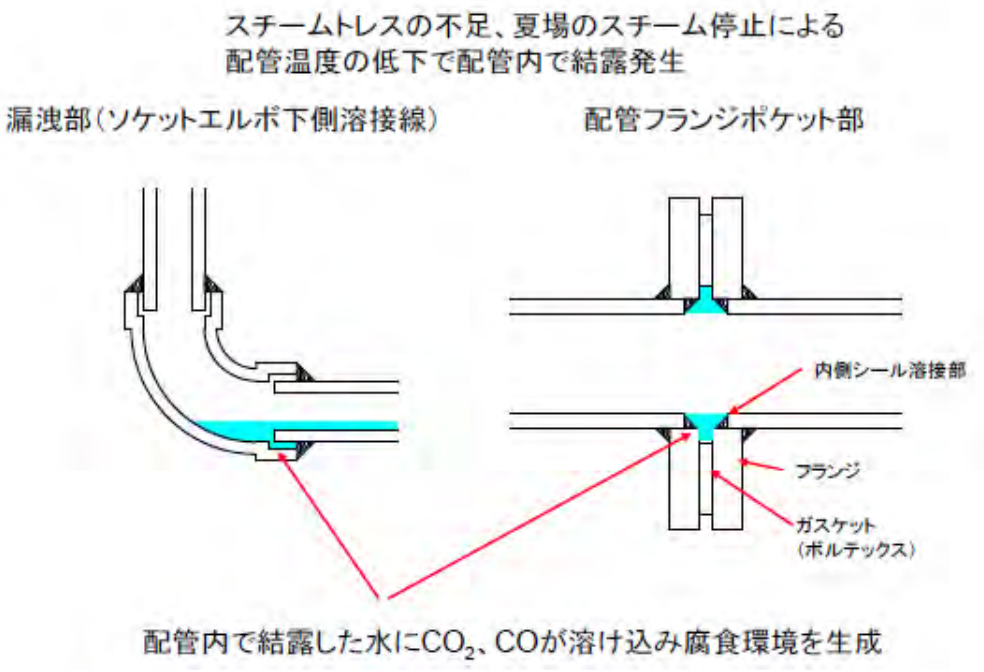


図 3 割れ発生のメカニズム

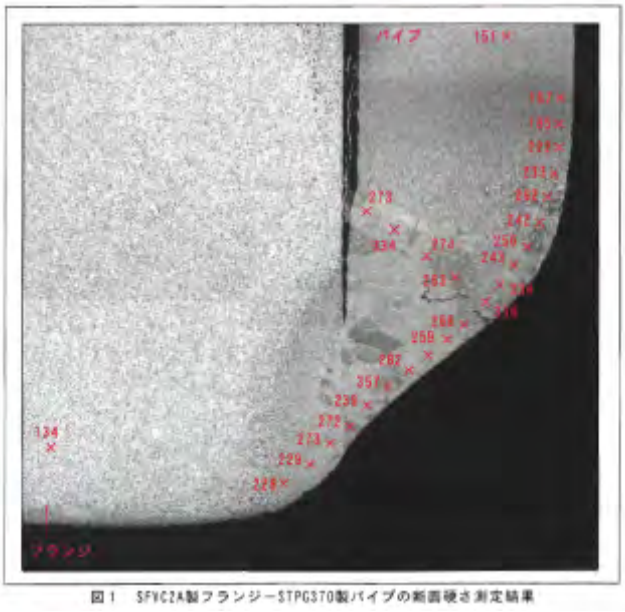


図1 SFVC2A製フランジ－STPG370製パイプの断面硬さ測定結果

写真 6 溶接部近傍の硬度分布

表 1 ガス組成

			PSA入口側	PSA出口側
割れ状欠陥			有り	無し
温度		℃	37	37
圧力		MPa	2	2
組成	H_2	vol%	74.3	100
	CO_2	vol%	23.7	0
	CO	vol%	1.6	0
	CH_3OH	vol%	0.0001	0
	H_2O	vol%	0.3	0

2.1.21　アンモニア製造施設ナフサ改質炉のクリープ破断

整理番号 2008-625	事故名称 アンモニア製造施設ナフサ改質炉のクリープ破断		
事故発生日時 2008-10-22（水）10:02	事故発生場所 富山県富山市		
施設名称 アンモニア製造施設	機器名 ナフサ改質炉出口配管	主な材料 SB410（内部にキャスタブル施工）	概略の寸法 Di.577.6mm×t16mm×L521.6mm
高圧ガス名 水素、一酸化炭素、二酸化炭素、メタン	高圧ガス製造能力（Nol.） 171 千 m^3/日	設計圧力（運転圧力） 2.7MPa（2.6MPa）	設計温度（運転温度） 300℃ 内部 815℃（770℃）

被害状況

アンモニア製造施設のナフサ改質炉出口配管に周方向の割れ（長さ約 130mm）が発生し、ナフサ改質ガス（水素、一酸化炭素など）が漏えいした（人的被害なし）。

事故概要

① 10:02 操業員がアンモニア製造施設のナフサ 1 次改質炉（H-102）付近で破裂音がしたのに気付き、ガスの漏えいを覚知した。
② 10:07 アンモニア製造施設の緊急停止操作を開始した。
③ 10:14 プラント内の可燃性・毒性ガスは、安全を確認の上、大気放出弁からブローして脱圧し、保安用窒素でパージを行った。
④ 漏えいに伴う火災・爆発の発生および人的被害はなかった
⑤ 調査の結果、ナフサ 1 次改質炉の出口配管の外面に周方向の割れが約 130mm 発生していた。

事故原因

① この事故は、本来の施工範囲外に保温材が施工されていたため、高温流体の影響で配管材の温度が上昇し、炭素鋼配管（SB410）にクリープ破断が発生して、プロセスガスが漏えいしたものである。
② 平成 20 年 7 月、定期修理前までは、損傷部に保温材は施工されていなかったが、定期修理復旧時に保温材を設計範囲外にまで施工した。このため、炭素鋼配管の温度が上昇（600℃）して、80 日間（1,920 時間）の運転を行っていたところで破断した。
③ SB410 の許容応力表の温度上限は 450℃である。そのため、内部にキャスタブル（断熱材）を施工して、高温流体（770℃）に対処していた。
④ 加熱炉出口直後のインコロイ材（耐熱材）には温度低下防止のため保温材が施工されていたが、7 月の定期修理で、いったん剥離した後、保温材を再度被覆施工させる際に、余分な水分が入り込み、新たな保温材を手配し、更新した。
⑤ このとき、当初の施工仕様書では、保温材の施工範囲は設計通りで適正なものであったが、保温材を新たに施工する段になって、現状復旧に基づいて業者へ依頼した。
⑥ ところが、現場作業者の判断により施工範囲を広げた図面が作図されたが、耐熱材ではない炭素鋼配管の部分まで（本来施工してはならない箇所）保温材を被覆していた図面であった。保温材質、厚みが現状通りであることを確認したものの、施工範囲は現状通りと認識してしまった。
⑦ 変更図面を工事管理部門が未確認のまま保温施工されたため、炭素鋼配管の温度が 600℃を超え、運転時間が破断時間を超えたところでクリープ破断を起こした。
⑧ 結果的に、設計思想に基づく保温目的を理解していなかったことも原因である。

再発防止対策

① 設計時の断熱施工範囲に復旧する。
② 配管表面温度計の設置および警報の設定（常時監視）
③ 保温材禁止範囲を現場に明記する。
④ サーモグラフィーによる定期検査の強化(2 回／年←1 回／年)
⑤ 保全計画書へ保温目的、保温範囲の理由、管理値を記載
⑥ 製造と工務合同でプロセスおよび設備構造の勉強会を開催（1 回／月）
⑦ 仕様に変化があった場合、施工図面、仕様書、変更後図面などをグループ責任者へ報告し承認を得る。

教訓

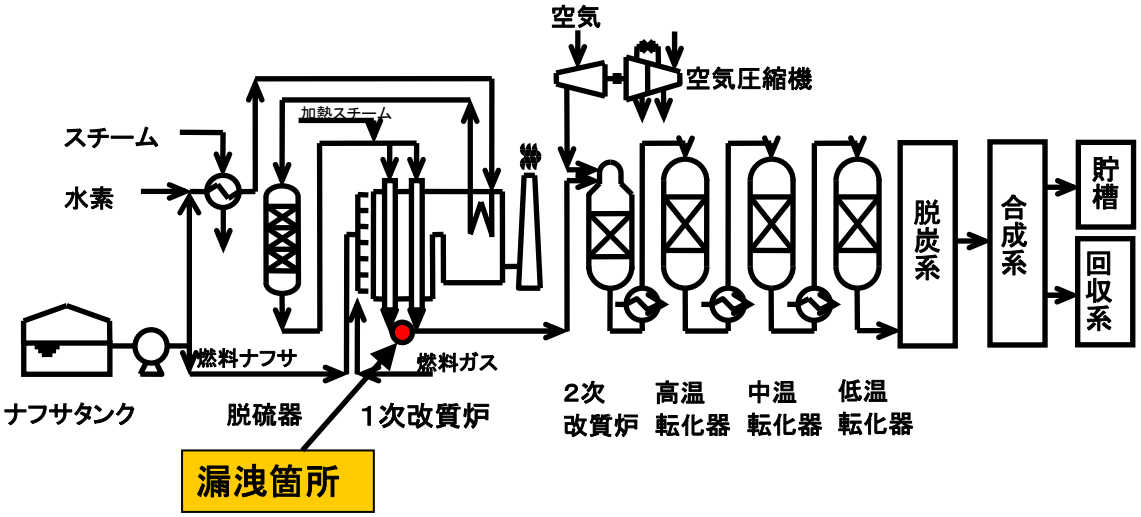
① この事故は、保温材を変更したときの安全確認が工事担当者間で行われていたことであり、いわゆる変更管理が十分ではなかったことによる。設備、運転、人、手順など全ての変更について、安全確認の手順を定め、ルールに従った承認、確認を行うことが重要となる。
② この場合、配管材料の選定、保温の目的など設計思想が維持管理には欠かせず、いわゆる技術の伝承を行うための仕組みが安全確保には欠かせない。

備考

事故調査委員会

なし

写真・図面



1次改質炉
ナフサに過熱スチームを混合し、管型反応器に通す。
ナフサ及びスチームはH_2 、CO、CO_2 、CH_4に改質される。

図 1 フローの概要

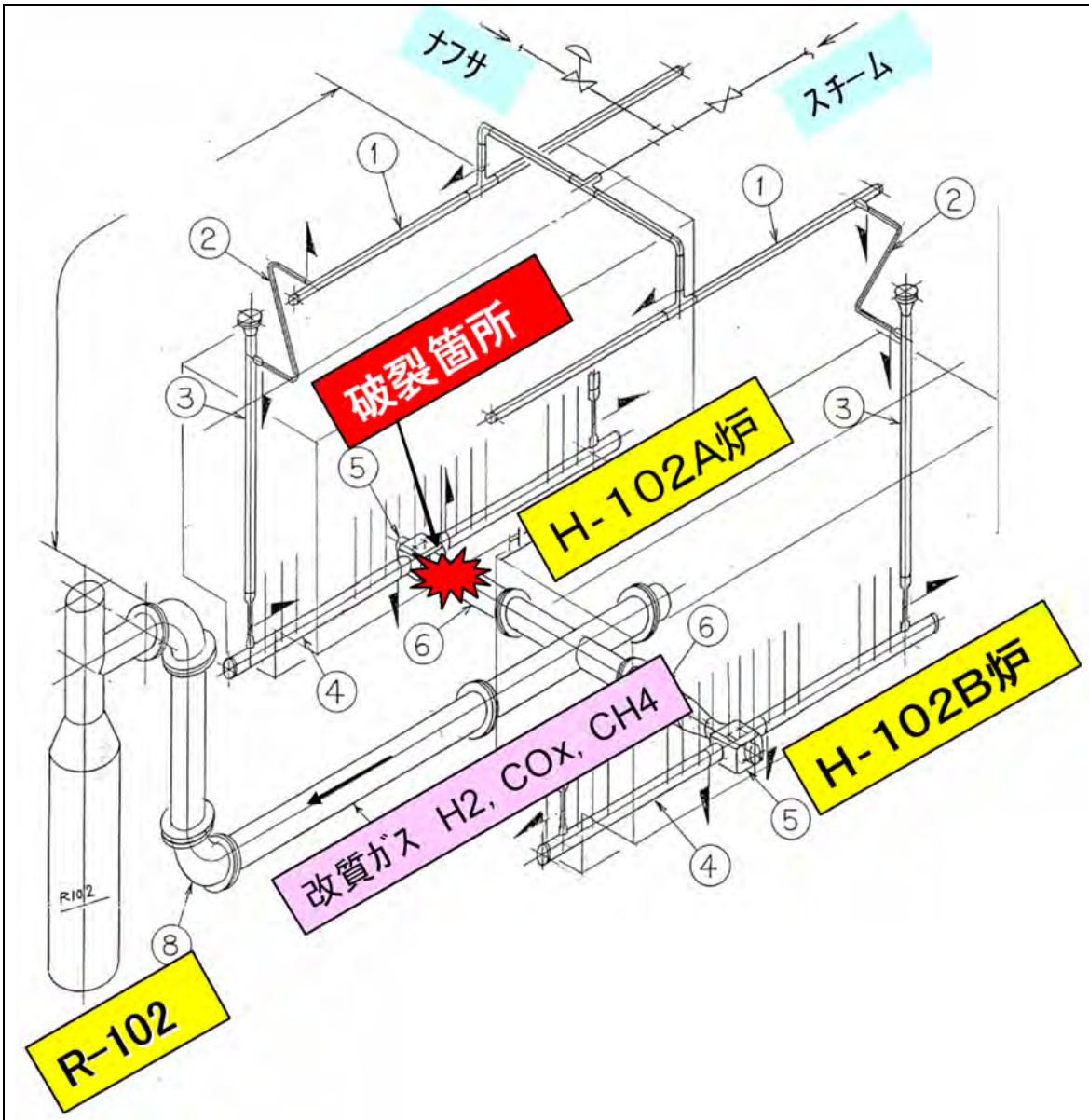


図 2　破損部分の概要

写真 1　破断部の状況

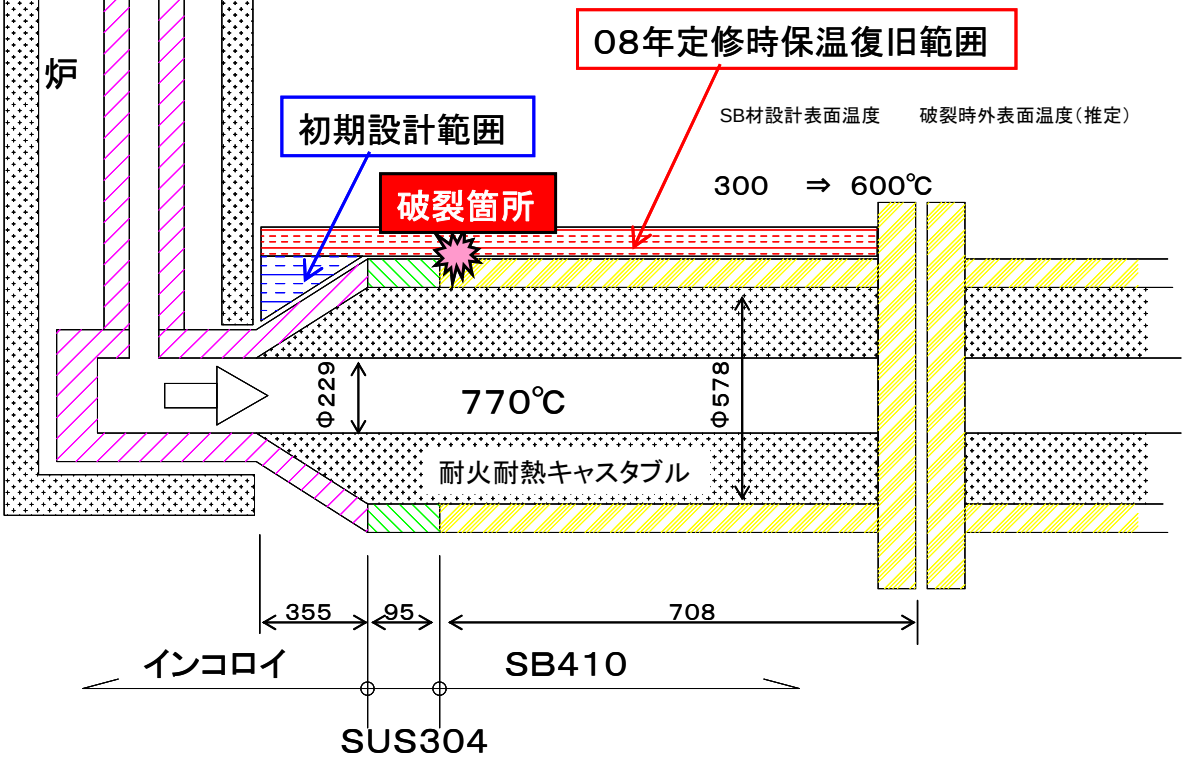

炉
08年定修時保温復旧範囲
初期設計範囲
破裂箇所
SB材設計表面温度　　破裂時外表面温度（推定）
300　⇒　600℃
Φ229
770℃
Φ578
耐火耐熱キャスタブル
355
95
708
インコロイ
SB410
SUS304

図 3　保温施工の状況

2.1.22　天井落下に伴う冷却コイルの破損による冷媒ガスの漏えい

整理番号	事故名称		
2009-026	天井落下に伴う冷却コイルの破損による冷媒ガスの漏えい		
事故発生日時	事故発生場所		
2009-2-20（金） 10 時	北海道釧路市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
冷凍設備	冷凍機冷却コイル	アルミ合金	ー
高圧ガス名	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
フルオロカーボン 22	21.07ton/日	1.9MPa	-30℃

被害状況

冷凍倉庫の中天井が落下し、天井に設置された冷凍機の冷却コイルに割れが発生して冷媒ガスが漏えいした。（人的被害なし）

事故概要

① 事業所内の警報が発報したので確認したところ、冷蔵倉庫（第 5 号）の建物屋根の鉄骨部からつり下げられていた中天井が数ヶ所で湾曲して落ち込んだ。
② 中天井には冷凍機の冷却コイル（アルミフィン管）がつり下げられていたため、中天井が大きく変形した場所で冷却コイルが折れ曲がり、溶接付近で割れが発生して冷媒ガスが漏えいした（推定漏えい量 300kg）。
③ 事故当時、冷蔵倉庫内には製品が積み上げられており、これが支えとなって完全落下は防ぐことができた。
④ 2 次災害を防止するため、ガス濃度の測定を行い、安全を確認した上で、冷却コイル落下防止のための足場を組み上げた。
⑤ 現場対応に追われたため、事業所から監督官庁への通報が遅延し、２／２３（月）１２:３０頃であった。

事故原因

① 冷却コイルに付着していた霜の厚さは約 10cm、重量約 40ton と推定。
② 中天井および冷却コイルをつり下げていた金具の強度不足があったため、変形して、建物本体の鉄骨から脱落し、中天井と冷却コイルが落下した。
③ 支えを失った冷却コイルが折れ曲がり、割れが発生した。
④ 冷却コイルの重さ（推定）は、１㎡あたり4kg相当で、5号冷蔵倉庫の建物敷地面積は 813.552 ㎡。4kg×813.552＝3,254.208 kgであるが、霜を含めた荷重計算を実施していなかった。

再発防止対策

① 同じ構造の 3 号倉庫は仮補強を行い、天井吊り金具を強度の高い部品に交換する。
② 冷却コイルの霜落とし（1 回/月）と、日常点検を強化する。
③ 同様に施工された 5 号倉庫は、吊り天井とともに、設計施工をやり直す。

教訓

① 冷凍機の冷却コイルは、霜が付くことから、重量が増す。天井設置型の冷却コイルは、霜の重量を加味して設計、施工しなければならない。
② 冷却コイルとともに吊り金具は、霜が付着するので、外面腐食の懸念がある。特に吊りボルトは、外面腐食の懸念とともに、埋め込み部分の腐食が進行すると落下する危険がある。
③ 冷却コイルの吊りボルトは、乾湿の繰り返しによる腐食、霜落としの衝撃などにも配慮して設計施工しなければならない。、
④ この倉庫では、霜の撤去は、5 年に 1 度の頻度で実施していた。冷却効率の

⑤　向上のために霜落としは定期的に実施していた。この場合、作業者の安全を考慮するとともに、霜を叩いて落とすと配管と吊り金具に損傷を与えるので注意を払う必要がある。

⑥　事故後、現場が混乱し、また現場対応（同様に施工された3号庫の霜取り、製品の搬出、2次災害の防止措置等）で関係官庁への連絡が遅くなったとのことであるが、異常時の通報、避難、広報などの措置は確実に実施しなければならない。不断の訓練がいざというときに役に立つ。

⑦　事故原因の調査、写真、記録化などは、事故の再発防止に役立つものとなるので、冷凍事業所に限らず、発災事業所において確実に実施することが重要である。

備考

事故調査委員会

なし

写真・図面

写真１　現場の状況

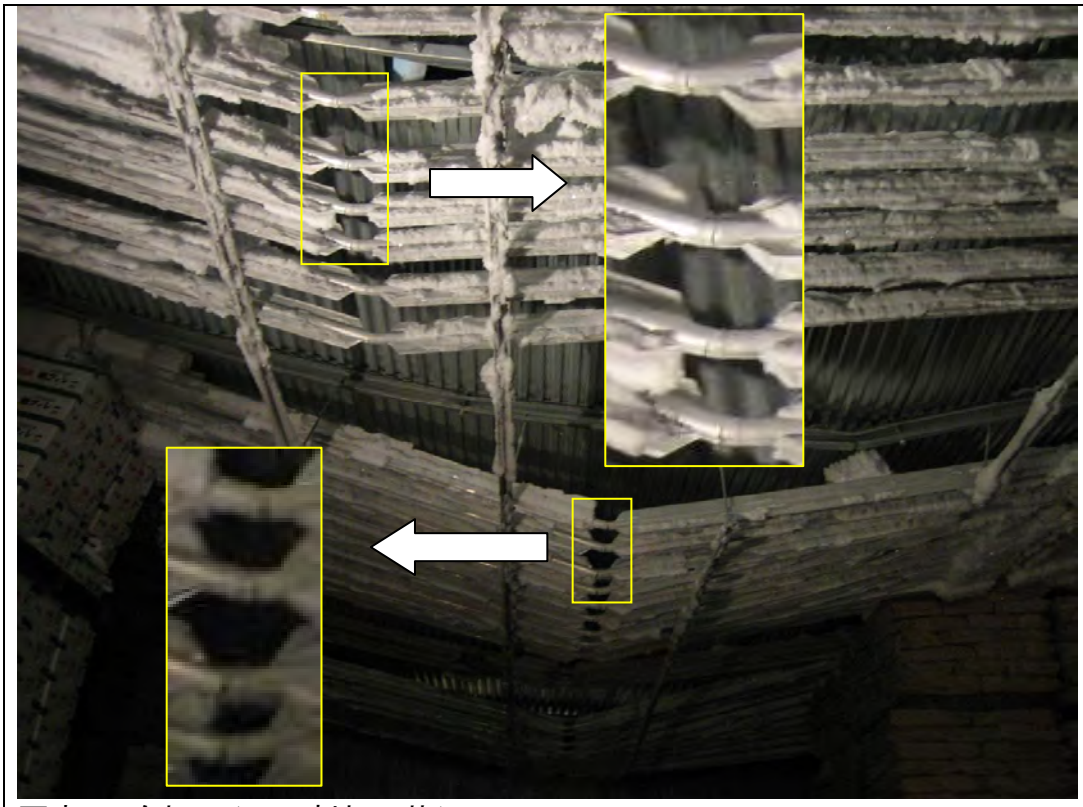


写真 2　冷却コイルの割れの状況

写真 3　変形した吊り金具

写真 4　吊り金具の状況（）

写真 5　中天井のつり下げ状況（鉄ワイヤーで仮補強）

写真 6　冷却コイルの設置状況（冷却コイルは吊ったアングル材の上に乗っている）

2.1.23　塩素クッションタンクからの漏えい

整理番号	事故名称		
2009-035	塩素クッションタンクからの漏えい		
事故発生日時	事故発生場所		
2009-4-9(木)　6 時 10 分	大阪府摂津市		
施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
塩素反応施設	第 1 系塩素クッションタンク	SLA235B	Di600mm × t5mm ×H 約 2m
高圧ガス名	高圧ガス製造能力(Nol.)	常用圧力	常用温度
塩素ガス	約 31.5 千 m^3/日	0.49MPa	35℃

被害状況

通常運転中、塩素供給施設のガス漏えい検知警報器が作動したので確認したところ、塩素クッションタンクが開口して塩素が漏えいした(人的被害なし)。

事故概要

① 第 1 系塩素供給施設は通常運転中であったが、6 時 10 分頃、管理室で塩素製造設備のガス漏えい検知警報器が作動し、同時に、除害設備が自動的に作動した。
② 管理室にて、直ちに塩素の供給を遮断し、施設の運転を停止した。
③ 現場を確認したところ、蒸発器および塩素クッションタンクが収容されている建屋外への漏えいも確認され、7 時 48 分に消防当局へ通報した。
④ 8 時 19 分、近隣への広報を開始する。
⑤ その後、除害ブロワーが発煙し、サーマルトリップして停止した。
⑥ 約 5 時間後、電動機を新品に入れ替え、除害ブロワーが復旧した。
⑦ 16 時 20 分、クッションタンク建屋内の塩素濃度が入室許可濃度以下となったので、漏えい箇所を確認したところ、塩素クッションタンクの胴部に開口を確認し、漏えい源と判断した。
⑧ 漏えい量は、推定約 2.3 m^3(Nol.)。

事故原因

① クッションタンクを開放し、内部を確認した結果、タンク内部に水がたまっており、腐食箇所は水がたまっていた水面付近の全周にわたっていた。
② この系の塩素ガスは、液体塩素を蒸発器でガス化し、通常はドライ塩素である。ドライ塩素は、鉄を腐食させないが、水分を含むと強腐食性となる。
③ 水は、下鏡の T.L から約 500mm まで約 150 リットル溜まっていた。
④ 気液境界面付近の板厚が V 字状に著しく減少しており、減肉の著しい箇所で開口したものと推定され、配管およびクッションタンクの状況から、下流側にある No.1 湿潤器内にあった水が下記の原因で逆流したものと推定した。
⑤ 推定 1:反応器からの逆圧により、湿潤器を経由してクッションタンクへ逆流した。
3 月 21 日から 4 月 5 日まで、施設を休止し、この期間に反応器の行程表示シーケンスのチェックを実施した(3／25)。その際、反応器を窒素置換したとき、反応器入口バルブが完全にしまっていなかったことにより、反応器内の水が湿潤器からクッションタンクへ逆流した。または反応器入口にある窒素ラインより湿潤器を加圧して、湿潤器内の水がクッションタンクへ逆流した可能性がある。
⑥ 推定 2:湿潤器からクッションタンク間のライン全体が密閉状態となっているときに湿潤器に給水したため、湿潤器が加圧され、クッションタンクへ逆流した。
クッションタンクへ塩素供給する運転前後の非定常時は、湿潤器の自圧回

収弁を閉じているが、このタイミングで湿潤器に給水したため、湿潤器内が加圧され、湿潤器の水がクッションタンクへ逆流した可能性がある。

⑦ いずれも、非定常作業中の操作であり、記録をとっておらず、さらに作業員にヒヤリングしても操作について、はっきりと記憶に残っていなかった。

再発防止対策

① 運転停止時のラインの縁切り
運転停止時は、湿潤器からクッションタンクのラインを一部取り外し、閉止板を取り付けることで、本質的に水が逆流しないようにする。

② 運転停止時の給水禁止
湿潤器への給水は、①の状況下および反応器が運転中のみとし、他のタイミングでの給水は禁止し、その旨を現場に表示する。

③ 配管高さの変更および窒素ガスによる追い出し
塩素が水に溶け込むことにより、クッションタンクが減圧した場合の逆流防止策として、湿潤器からクッションタンク間の配管高さを 10.3m 以上（真空を想定。従前は5m）に変更する。また、行程停止時、塩素ラインの塩素は窒素ガスを使用して排出し、水への塩素の溶け込みを防止する。

④ 除害ブロワーの管理強化
一週間に 1 時間起動させ、振動、温度、電流値、異音を検知して、連続運転下での異常の有無を確認する。さらに、電動機の定期分解点検の期間を現行 5 年周期から 3 年周期に短縮する。

⑤ 作業標準書の改訂
上記の再発防止策に関して、作業標準書を改訂し、作業員への教育と徹底を図る。

教訓

① シーケンスチェック時、窒素で加圧（0.04～0.05MPa）することについては、手順はマニュアルとして明記されていなかった。さらに、給水についても、運転時は、給水の有無を確認するチェックシートが整っているものの、非定常作業時の給水は、現場で液面計を見て適宜行っていたが、このときの給水記録はとっていなかった。非定常作業時のマニュアルの整備とともに、作業、操作の記録化を図るべきである。

② 潜在危険性の洗い出し、リスクアセスメントの導入、操作前の危険予知活動などを実施し、設備、操作などに伴うリスクの低減に努める。

③ 塩素などの毒性ガスおよび可燃性ガスを扱う非定常作業では、ラインの確実な縁切りが必須である。不活性ガスでも大量漏えいは、窒息などの事故に発展するので、常に被害を最小限に留める措置をとる必要がある。

④ 除害ブロワーの電動機は、停止後、新品に取り替えて復旧している。電動機の停止の原因をメーカと協議して究明し、適切な再発防止策を立案して、運転管理、設備管理へ反映させることも重要である。

備考

事故調査委員会

写真・図面

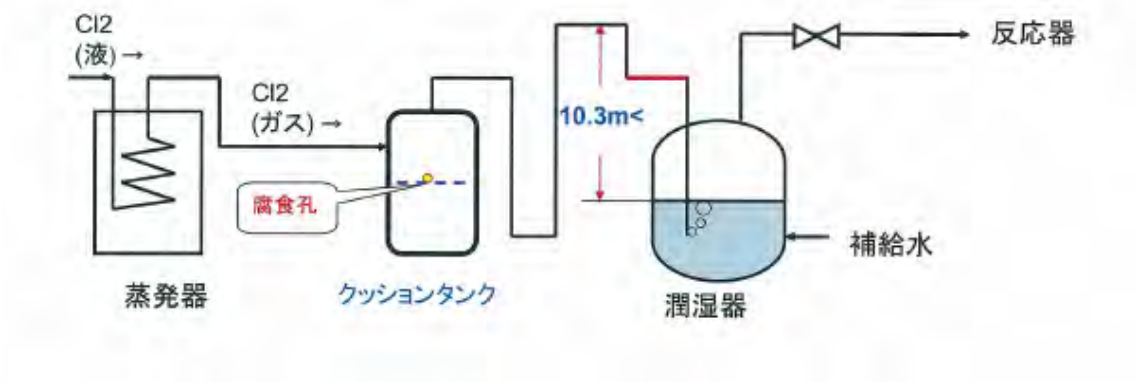


図 1 フローの概要

→
下側

写真 1 クッションタンクの開口部の切断状況（その 1）

写真 2 クッションタンクの開口部の切断状況（その 2）

写真３　開口部の状況（→上側）

写真４　開口部の状況（→上側）

写真５　　胴板の断面状況

2.1.24　空冷式ヒートポンプチラーの配管からの冷媒漏えい

整理番号	事故名称
2008-605	空冷式ヒートポンプチラーの配管からの冷媒漏えい

事故発生日時	事故発生場所
①2008-10-8(水) 10 時 38 分 ②2008-10-14(火) 8 時 15 分	神奈川県厚木市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
冷凍設備	空冷式ヒートポンプチラー ①膨張弁の均圧配管 ②受液器入り口の液配管	①C1220T ②配管: C1220T、固定金具: 溶融亜鉛めっき鋼板(SGCC Z22)	①均圧配管:φ6.4mm、t0.8mm 膨張弁出口配管: φ25.4mm、t0.95mm ②液配管: φ25.4mm、t0.95mm 固定金具:t0.6mm 固定用ねじ:M5

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
フルオロカーボン 134a	21.08 冷凍トン/日	0.88MPa	40℃

被害状況

冷凍設備において、空冷式ヒートポンプチラーの配管(2 箇所:事例①及び事例②)から冷媒が 70kg 漏えいした(人的被害無し)。

事故概要

10 月　8 日　冷凍設備(1 号機)が警報(アンダーカット)を発して停止した(事例①)。
10 月 14 日　冷凍設備(4 号機)が警報(アンダーカット)を発して停止した(事例②)。

後日、メンテナンス事業者が、窒素ガス加圧により漏えい箇所を調査したところ、チラーの膨張弁の均圧配管(事例①)及び冷温水出口から受液器入口までの液配管(事例②)が減肉して穴が空き、冷媒が漏えいしたことが判明した。

事故原因

事例①:膨張弁の均圧配管と、膨張弁の出口配管が接触し、運転中の振動が加わったため磨耗し、長い年月(約 14 年)かけて、均圧配管が減肉して穴が空き、冷媒が漏えいしたと推定される。また、減肉した配管において、振動を予防するためのバンド、固定金具等はなかった。

事例②:配管固定金具が、長い年月をかけて腐食、破損したため、固定金具と縞鋼板を止めたねじ部が配管下部に接触し、さらに冷凍設備の起動、制御時に発生した振動が加わったため、接触部が磨耗、減肉して穴が空き、冷媒が漏えいしたと推定される。

その他(共通)

- 年1回の定期検査(直近:6月にメンテナンス事業者が実施)において、メンテナンス業者の点検シートに基づき実施していた(圧力ゲージの表示誤差、安全弁の動作、その他電気系、冷媒系、水系、空気系などを対象とし、冷媒の漏れについて目視および検知器にて点検を実施)。
- バンド、固定金具等による配管の固定状況、磨耗状況、検査箇所、部品等取り替え時期などに関する規定はなかった。

再発防止対策(事例①及び事例②共通)

1) 水平展開として、同様箇所の調査を実施し、不具合部の修理を実施するとともに、振動箇所について、バンド、固定金具等を用いて配管を固定した。
2) メンテナンス体制を強化し、検査箇所、検査方法、部品取り換え時期について具体的な基準を作成した。

教訓(事例①及び事例②共通)

1) 配管が接触し、かつ振動している箇所については、フレッティング摩耗の懸念がある。配管の固定、配管同士を接触させない等により、対処することが重要である。
2) 配管が固定されていても、振動により緩み、固定金具の破損が生じる場合がある。定期的に点検し、不具合が発見された場合は速やかに対処することが重要である。

備考

整理番号　2008-605、2009-045 は同じ事業者において発生した事例である。

事故調査解析委員会

関係図面

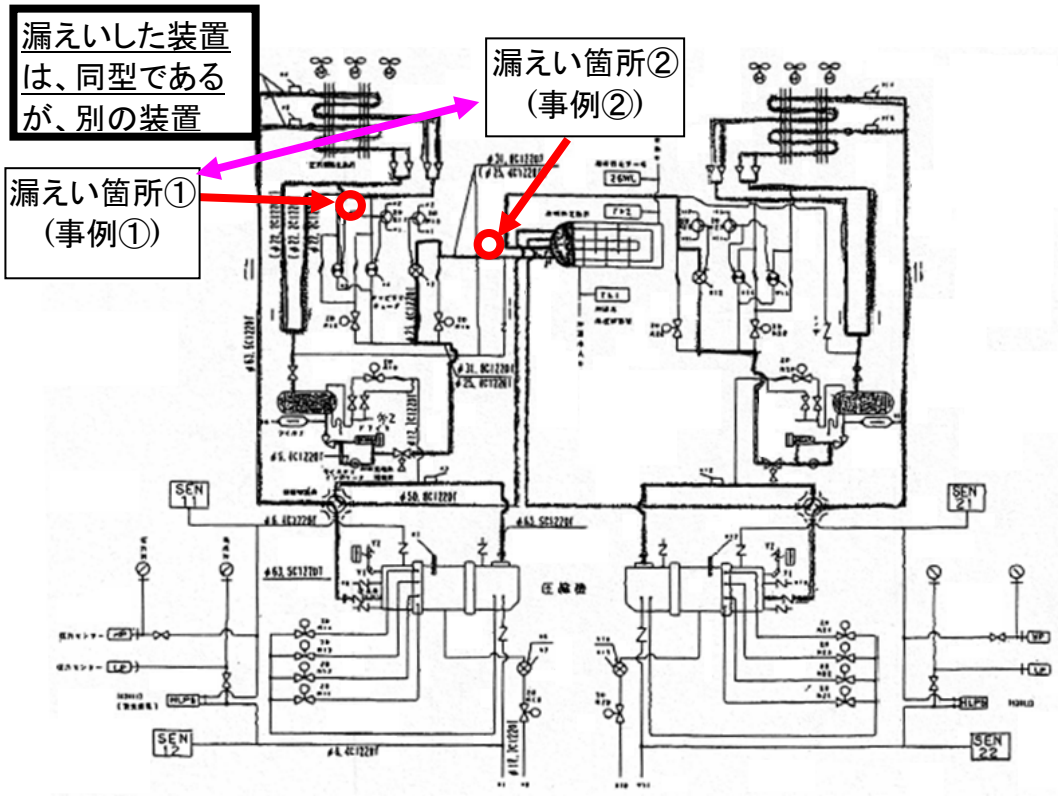


図 1　空冷式ヒートポンプチラー外略図
(事例①及び事例②共通:漏えいは、同型であるが別の装置)

事例①：膨張弁の均圧配管からの漏えい

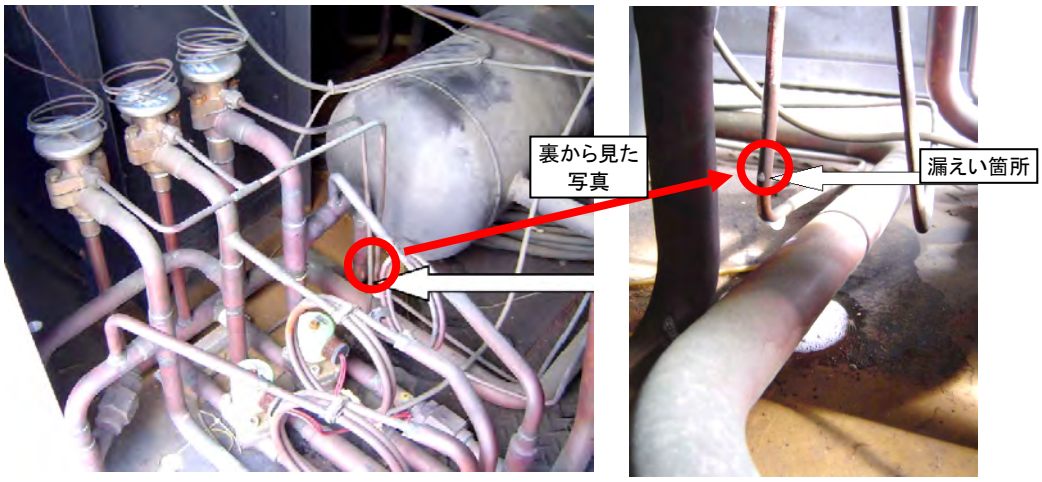


写真１　漏えい箇所付近外観
（摩耗位置が見えるよう、配管をずらした後）

写真２　均圧配管表面

写真３　均圧配管内面

写真４　均圧配管が接していた
膨張弁出口配管

写真５　均圧配管外観

写真６　肉厚測定位置

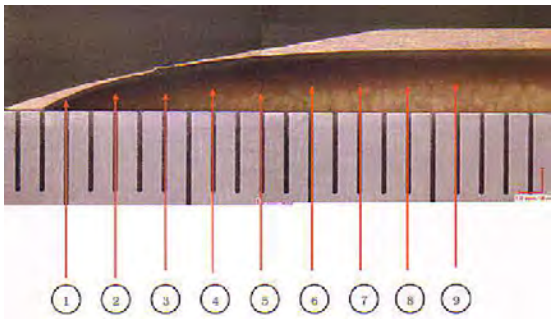


写真７　肉厚測定位置(拡大)

表 1　肉厚測定結果

測定位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
肉厚(mm)	0.32	0.11	0.05	0.10	0.25	0.44	0.72	0.80	0.80

事例②:膨張弁の均圧配管からの漏えい

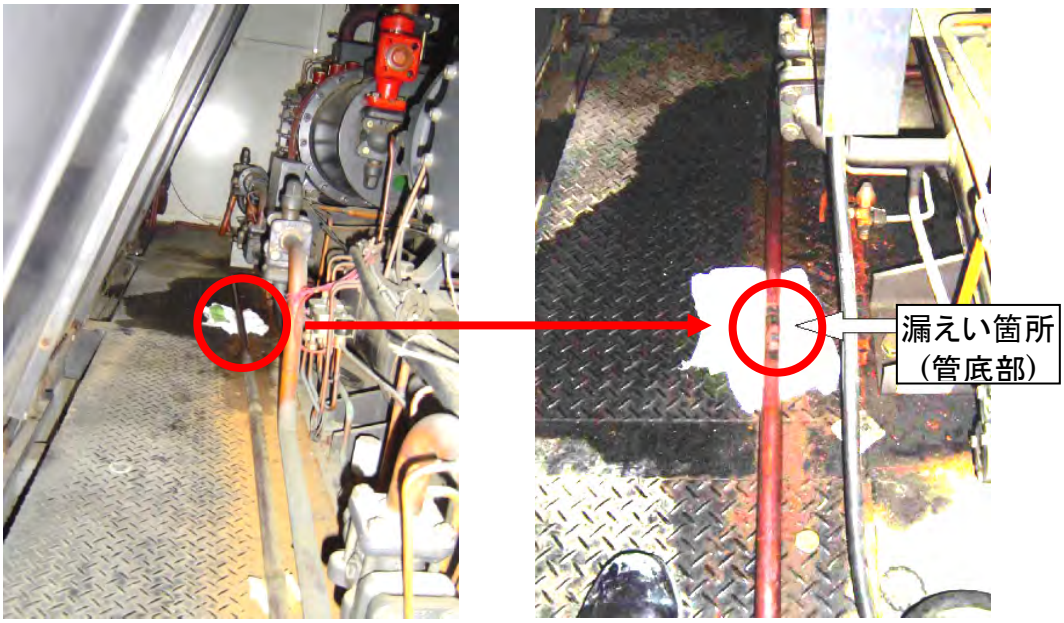


写真 8　漏えい箇所付近外観

写真 9　配管固定箇所
(固定金具等は取り外し後)

写真 10　以前の固定金具及び修理後
(漏えい箇所とは別の箇所)

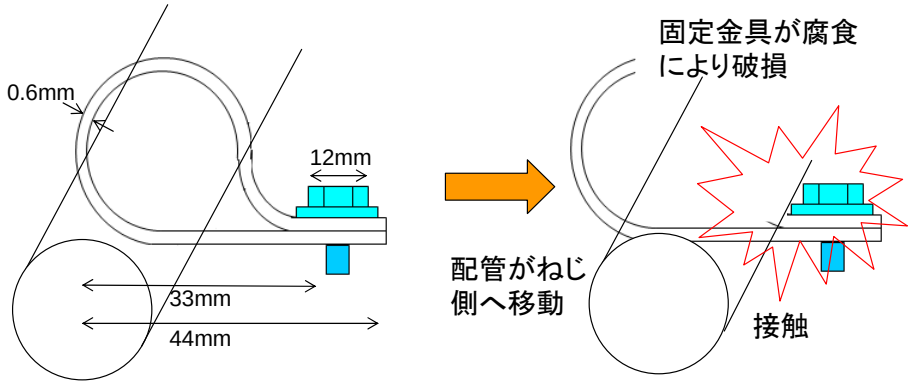


図 2　固定用ねじと配管の接触イメージ

写真 11　配管表面

写真 12　配管内面

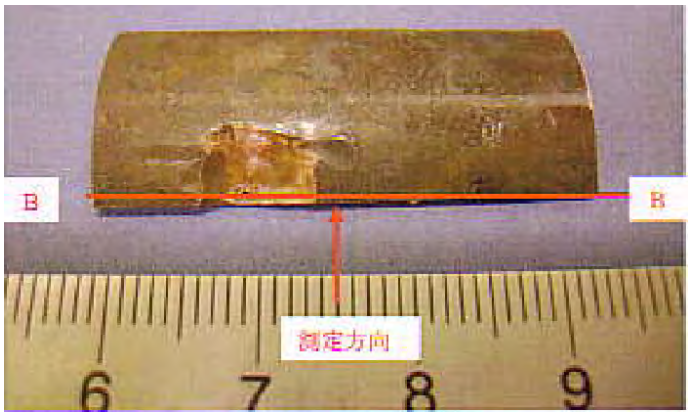


写真 13　肉厚測定位置

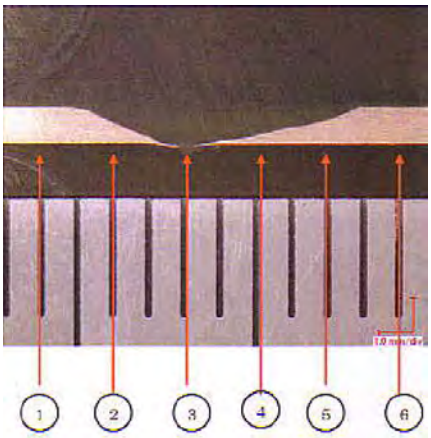


写真 14　肉厚測定位置(拡大)

表 2　肉厚測定結果

測定位置	1	2	3	4	5	6
肉厚(mm)	1.00	0.50	0.00	0.27	0.70	1.01

2.1.25　空冷式ヒートポンプチラーの配管及び可溶栓からの冷媒漏えい

整理番号	事故名称
2009-045	空冷式ヒートポンプチラーの配管及び可溶栓からの冷媒漏えい

事故発生日時	事故発生場所
2009-4-29(水) 20 時	神奈川県厚木市

施設名称	機器名	主な材料	概略の寸法
冷凍設備	空気式ヒートポンプチラー ①配管 ②可溶栓ジョイント部	①C1220T ②O-リング: クロロプレンゴム	①配管:φ25.4mm、t0.95mm キャピラリチューブ: φ7.9mm、t0.8mm ②O-リング:φ32.7mm、t7mm

内容物	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
フルオロカーボン 22	41.17 冷凍トン/日	①1.27MPa	40℃

被害状況

冷凍設備において、空冷式ヒートポンプチラーの配管(事例①)及び可溶栓(事例②)から冷媒が 75kg 漏えいした(人的被害無し)。

事故概要

4 月 14 日　吐出しガス過熱アラームにより、設備が異常停止した。

4 月 17 日　メンテナンス事業者が点検し、センサー異常の疑いがあるため、このままヒートポンプを停止し、次回稼動時にセンサーを交換することとした。

5 月 7 日　連休明けの朝(事業所は 4/29～5/6 休暇中)、点検を実施したところ、圧力が 0MPa となっていた。後日、メンテナンス事業者が、窒素ガス加圧により漏えい箇所を調査したところ、チラー制御盤裏の、凝縮器から受液器に向かう配管(事例①)及び可溶栓ジョイント部(事例②)から、冷媒が漏えいしていることが判明した。

その後、中央監視装置により、圧力データを確認したところ、4 月 29 日 20 時より圧力が低下し始め、5 月 4 日 2 時に、圧力が 0MPa となったことが確認された。

事故原因

事例①:冷媒配管を固定している結束バンドが、経年劣化により破損して配管がキャピラリチューブと接触し(時期不明)、運転中の振動が加わったため磨耗し、配管が減肉して穴が空き、冷媒が漏えいした。

事例②:可溶栓のジョイント部の O-リングが劣化したためと推定される。O-リングは、設備設置当初(約 20 年経過)から、交換されたことはなかった。

その他(共通)

- 当設備が設置されている場所は、非常に狭い機械内部であり、点検スペースの都合上、検査が困難な場所であった。
- 年 1 回の定期検査(直近:4 月にメンテナンス事業者が実施)において、メンテナンス業者の点検シートに基づき実施していた(圧力ゲージの表示誤差、安全弁の動作、その他電気系、冷媒系、水系、空気系などを対象とし、冷媒の漏れについて目視および検知器にて点検を実施)。
- バンド、固定金具等による配管の固定状況、磨耗状況、検査箇所、部品等取り替え時期などに関する規定はなかった。

再発防止対策(事例①及び事例②共通)

1) 水平展開として、同様箇所の調査を実施し、不具合部の修理を実施するとともに、振動箇所について、バンド、固定金具等を用いて配管を固定した。

2) メンテナンス体制を強化し、検査箇所、検査方法、部品取り換え時期について具体

的な基準を作成した。

教訓

事例①

1) 配管が接触し、かつ振動している箇所については、フレッティング摩耗の懸念がある。配管の固定、配管同士を接触させない等により、対処することが重要である。
2) 配管が固定されていても、振動により緩み、固定金具の破損が生じる場合がある。定期的に点検し、不具合が発見された場合は速やかに対処することが重要である。

事例②

O-リング等シール材は、長期間使用したことによる劣化が懸念されるため、定期的に交換することが望ましい。

備考

整理番号　2008-605 及び 2009-045 は同じ事業者において発生した事例である。

事故調査解析委員会

関係図面

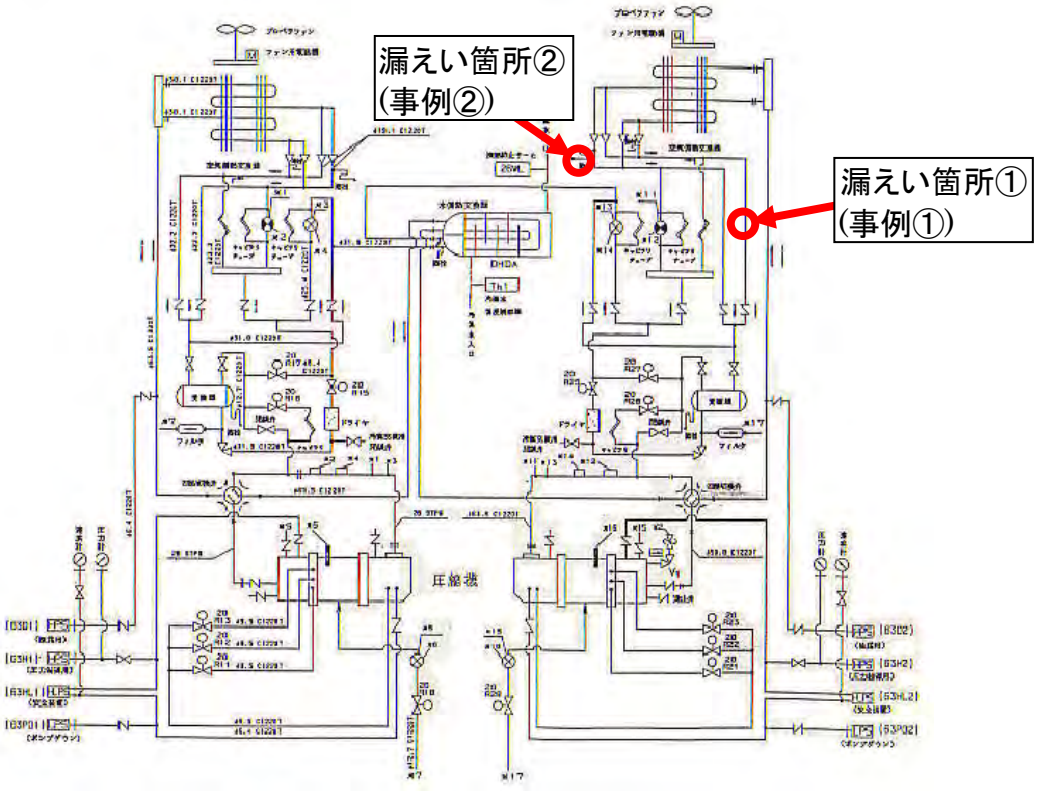


図 1　空冷式ヒートポンプチラー外略図
（事例①及び事例②共通）

事例①：凝縮器から受液器に向かう配管からの漏えい

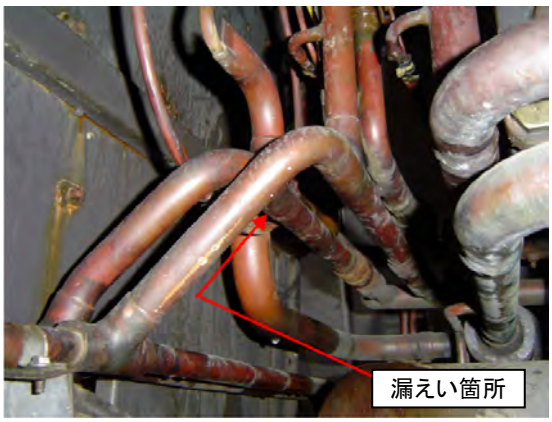


写真１　漏えい箇所外観

事例②：可溶栓からの漏えい

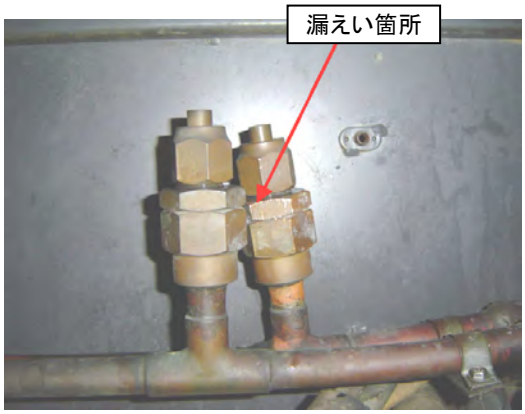


写真２　可溶栓外観

2.2 事故事例データベース

2.2.1 データベース仕様

（1）製作目的

検索機能を有する事故事例データベースを作成し、高圧ガス関係者に高圧ガス事故の情報を開示することにより、事故防止対策の検討ならびに保安教育活動の参考資料作成を支援し、事業者の自主保安活動のさらなる充実に資することを目的とする。

本年度は、事故統計の表示機能（グラフ及び表）の選択項目について、「事故区分」に加え、「現象」、「事故原因」、「事故概要」及び「地域検索」の中から任意で選択できるようにした。

（2）基本仕様

当協会から提供する事故事例データを用い、検索・統計処理が可能なシステムであること。

①動作環境	一般的なパソコン(PC)で処理できるものとする。
②対応OS	Windows XP（Home Edition、Professional Edition） Windows VISTA（Home Edition、Business Edition）
③フォーマット	Microsoft® Excel(バージョン：Microsoft® Excel 2003 及び 2007)
④リンク機能	個別の事故について、詳細記述が高圧ガス保安協会ウェブサイト上にある場合は、クリックすれば当ウェブサイトが表示される機能をつける。（インターネット接続環境の場合のみ。）
⑤ヘルプ機能	ヘルプ（使い方）は、別のシート、PDF ファイル等にまとめて記載する。なお、Excel の使い方については記載しない。
⑥基本構成	元データシート（3 種：高圧ガス事故、国内参考事故、海外参考事故）、検索窓シート、検索結果出力シート、図表作成シートから構成される。
⑦基本性能	記載項目が異なる 3 種の元データについて、それぞれ項目毎に、かつ複数のキーワードで検索できるシステムとする。検索方法は、プルダウンメニュー又は/及びフリー検索とする。
⑧セキュリティ	データベースを CD-ROM として完結させるため、ソフトコピー及び基礎データのコピーを忌諱するセキュリティ機能を付加すること。
⑨その他	高圧ガス事故及び参考事故における会社名は、無しのバージョンと有りのバージョンに分けること。

（3）規約の表示

本ファイルを最初に開いた時、次の項目（ご利用規約）を表示する機能を有すること。

＜ご利用規約＞

①制限事項

・平成 21 年度高圧ガス事故事例データベース(以下、「データベース」という。)は、平成 21 年度 経済産業省委託事業として、高圧ガス保安協会が製作したものです。データベースの著作権は、経済産業省に帰属します。従って、データベースは、著作権法上認められた範囲内で使用することは可能ですが、営利目的等による商用利用を行う際には、経済産業省の承諾を得る必要があります。

・有償、無償を問わず、データベースの全部又は一部を第三者に譲渡、貸与、配付することはできません。

・ホームページ、掲示板などでデータベースを公開し、第三者が閲覧、ダウンロード可能な状態とすることはできません。

②免責事項

・データベースを使用した結果に関して、経済産業省は、直接又は間接を問わず一切の責任を負わないものとします。

③バージョンアップ

・データベースは、事前の予告無しに、バージョンアップすることがあります。

④お問い合わせ

・データベースに関するお問い合わせは、データベースの掲載内容に限定させて頂きます。従って、Microsoft Windows、Microsoft Excel 操作方法などは、取り扱い説明書をご確認下さい。これらの基本ソフトウェアの操作方法でご不明な点は、Microsoft 社又はパソコンメーカーへお問合せ下さい。

2.2.2 検索・統計編の仕様

A 処理データ

（1）高圧ガス事故事例

①基本データ　昭和40年1月から平成21年12月までの高圧ガス事故の全件（7500件程度）

②データの項目

Code 番号：事故個別番号
事故区分
事故名称
年月日（発生年月日）
県名
会社名（無しのバージョンと有りのバージョンの 2 種類を製作すること。）
死者
重傷者
軽傷者
合計
物質名
現象
業種
設備区分
取扱状態
事故原因
着火源
事故概要

（2）国内参考事故事例

①平成元年1月から平成20年12月までの国内参考事故の全件（1000 件程度）

②データの項目

Code 番号：事故個別番号
区分
事故名称
年月日（発生年月日）
県名

会社名（無しのバージョンと有りのバージョンの 2 種類を製作すること。）
物質名
現象
死者
重傷者
軽傷者
合計
業種
設備区分
取扱状態
事故原因
事故概要

（3）海外事故事例
①基本データ　平成元年1月から平成20年12月までの海外事故の全件（1000 件程度）
②データの項目
Code 番号：事故個別番号
事故名称
年月日（発生年月日）
国名
人的被害
物質名
現象
業種
設備区分
取扱状態
事故概要

（4）当協会ウェブサイトの事故概要報告へのリンク
高圧ガス事故事例において、高圧ガス保安協会のホームページに「事故概要報告」がある場合、インターネット環境の場合は、コード番号をクリックすれば、そのページにリンクする機能を有すること。（平成 22 年 3 月 15 日現在とする。）

B 検索機能
共通仕様：完全一致・部分一致・AND／OR／NOT 追加検索機能を有する。

B.1 高圧ガス事故事例
（1）検索項目及び検索方法
① コード番号：指定番号検索及び範囲内指定検索
② 事故名称：フリーワード検索
③ 事故発生年、月、日：指定日検索及び範囲内指定検索
④ 局名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑤ 県名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑥ 会社名：フリーワード検索
⑦ 事故区分（事業所区分）：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）

⑧ 物質名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑨ 現象：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑩ 業種：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑪ 設備区分：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑫ 死傷者数：数指定検索及び範囲内指定検索
⑬ 取扱状態：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑭ 事故原因：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑮ 着火源：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑯ 事故概要：フリーワード検索

B.2 国内参考事故事例
① コード番号：指定番号検索及び範囲内指定検索
② 事故名称：フリーワード検索
③ 事故発生年、月、日：指定日検索及び範囲内指定検索
④ 局名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑤ 県名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑥ 会社名：フリーワード検索
⑦ 事故区分（適用法規）：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑧ 物質名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑨ 現象：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑩ 業種：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑪ 設備区分：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑫ 死傷者数：数指定検索及び範囲内指定検索
⑬ 取扱状態：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑭ 事故原因：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑮ 着火源：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑯ 事故概要：フリーワード検索

B.3 海外事故事例
（1）検索項目及び検索方法
① コード番号：指定番号検索及び範囲内指定検索
② 事故名称：フリーワード検索
③ 事故発生年、月、日：指定日検索及び範囲内指定検索
④ 国名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑤ 現象：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑥ 業種：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑦ 人的被害有無：数指定検索及び範囲内指定検索
⑧ 物質名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑨ 設備区分：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑩ 取扱状態：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑪ 事故概要：フリーワード検索

B.4 共通用語検索
前記 B.1 から B.3 まで3種類のうち 2 種類以上を選択して次の検索を行う。
（B.1 高圧ガス事故事例は必ず含むこと。）
（1）検索項目

① 物質名：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
② 現象：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
③ 業種：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
④ 設備区分：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）及びフリーワード検索
⑤ 取扱状態：指定キーワード検索（プルダウンメニュー）
⑥ 事故概要：フリーワード検索

C 事故統計表示機能（グラフ及び表）
①検索で出力されたデータにおいて、年毎に、対象とする項目の件数を表示できること。
②検索対象項目は、「事故区分」、「現象」、「事故原因」、「事故概要」及び「地域検索」の中から任意でこれらのうちの 1 つを選択できること。
③グラフの種類は、円、棒、折れ線とすること。
④得られたグラフ、検索結果(数値)は、エクセルで表示し、作業者が加工できるようにすること。

2.2.3 その他
（1）付帯条件
① 取扱説明書を作成すること。
②検索システム、データ及び取扱説明書に関する著作権は経済産業省に帰属するものとすること。
③収納されているデータ、検索機能等、本件に関して得られた知識について、第三者への守秘義務を負うこと。
④その他、不明な点があった場合、当協会と協議して決定する。

（2）納入仕様
①製作数
1)CD-ROM 及び事故事例 DB 取扱説明書　それぞれ 110 セット
②梱包
発送可能な封筒詰め形態（緩衝材込み）として納入し、取扱説明書を添付すること。

3. 統計分析

3.1 平成 21 年高圧ガス事故の傾向分析

平成 21 年(速報値、平成 22 年 2 月 25 日現在)に発生した高圧ガスに係る事故の総件数の推移を図 3.1 に、災害に係る事故件数の推移を図 3.2 に示す。

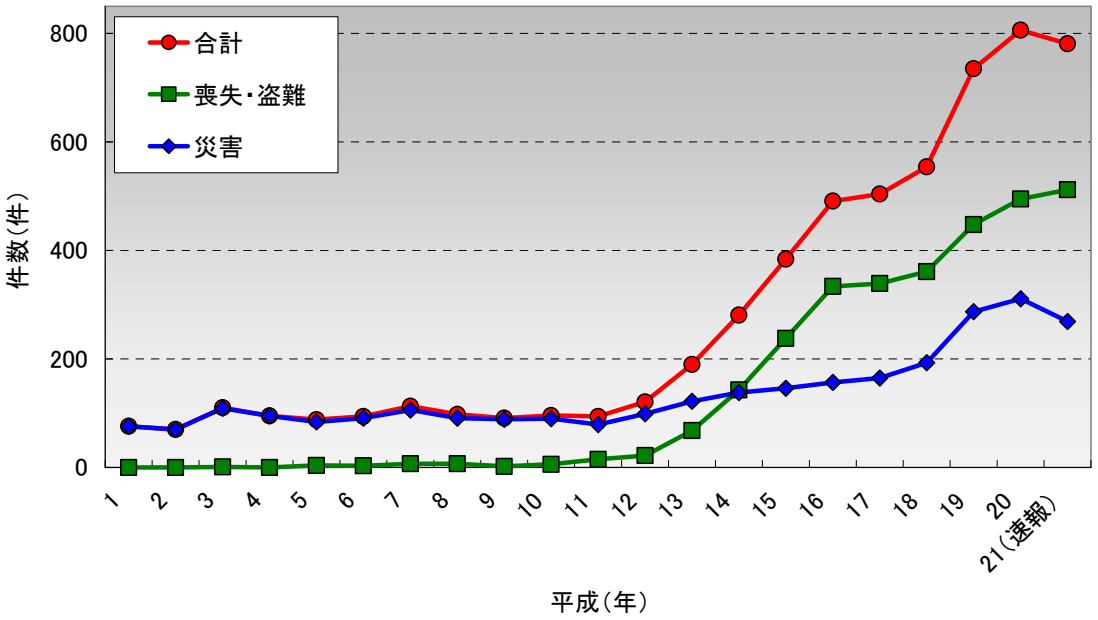


図 3.1 高圧ガス事故件数の推移

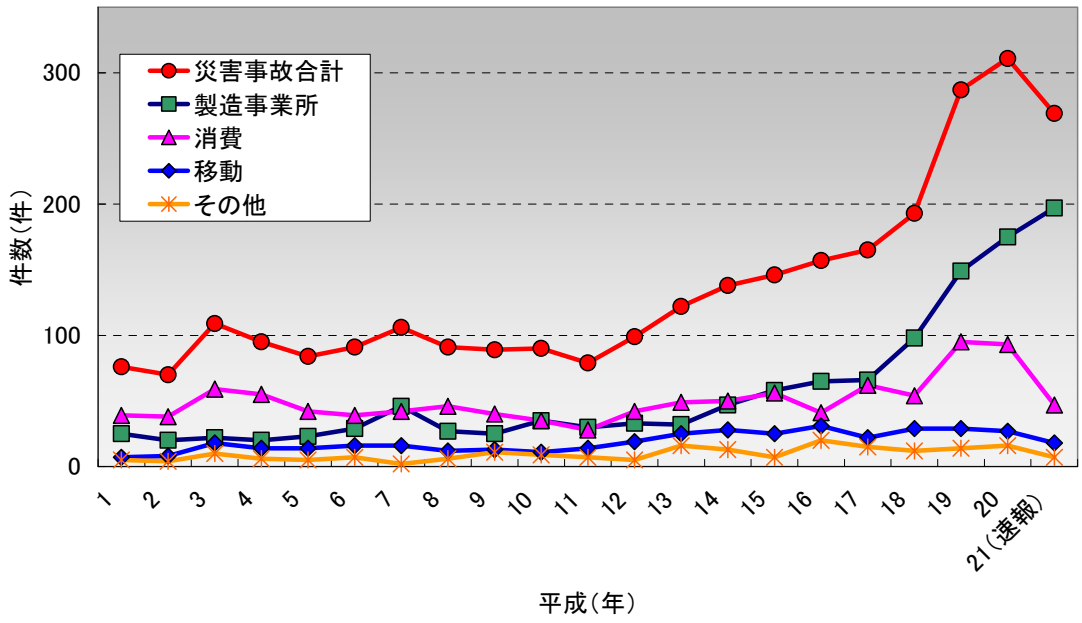


図 3.2 災害事故の推移

図 3.3～図 3.18 は、平成元(1989)年～平成 21(2009)年(速報値)の事故原因の傾向について分析した結果である。

平成 12 年から事故総件数が増加しており、主な増加要因は、容器の盗難事故の増加である。災害事故も増加傾向が続いていたが、平成 21 年は、消費中の事故が半減したことにより、災害事故の総件数は前年を下回った(269 件)。なかでも、コンビナート事業所の事故件数は、平成 20 年には 43 件だったものが、平成 21 年は 29 件となって、平成 19 年の 31 件をも下回っている。

事故原因は、劣化・腐食による事故と誤操作、認知確認ミスによるものが多く、この傾向が継続している。

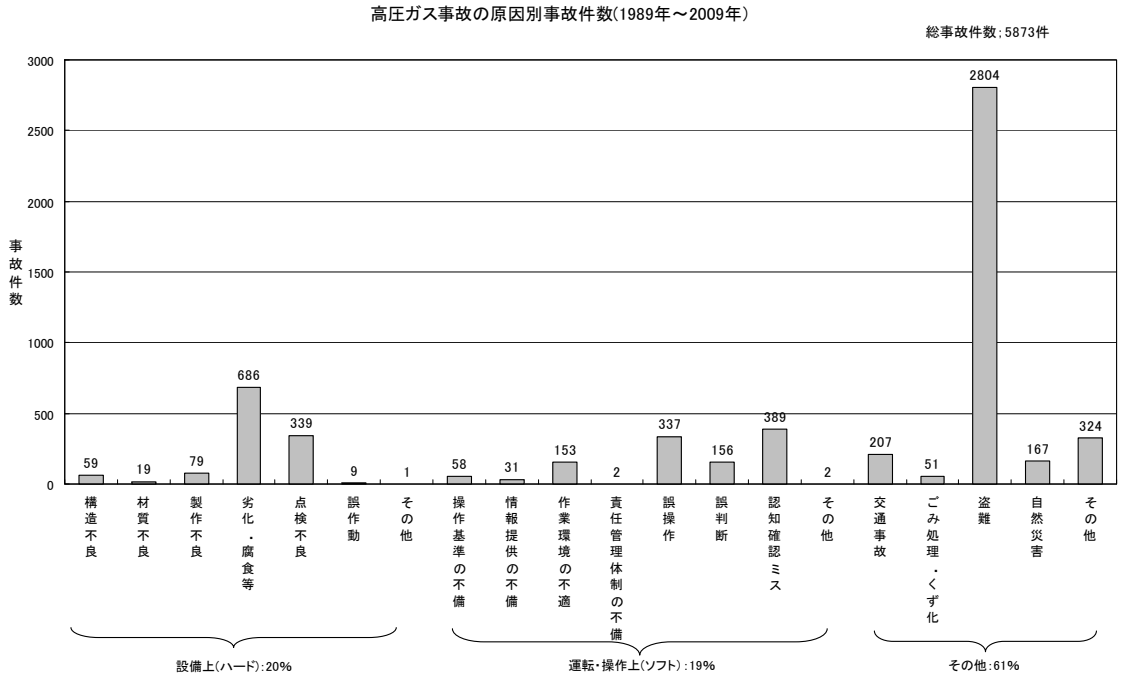


図 3.3 高圧ガス事故の原因別事故件数

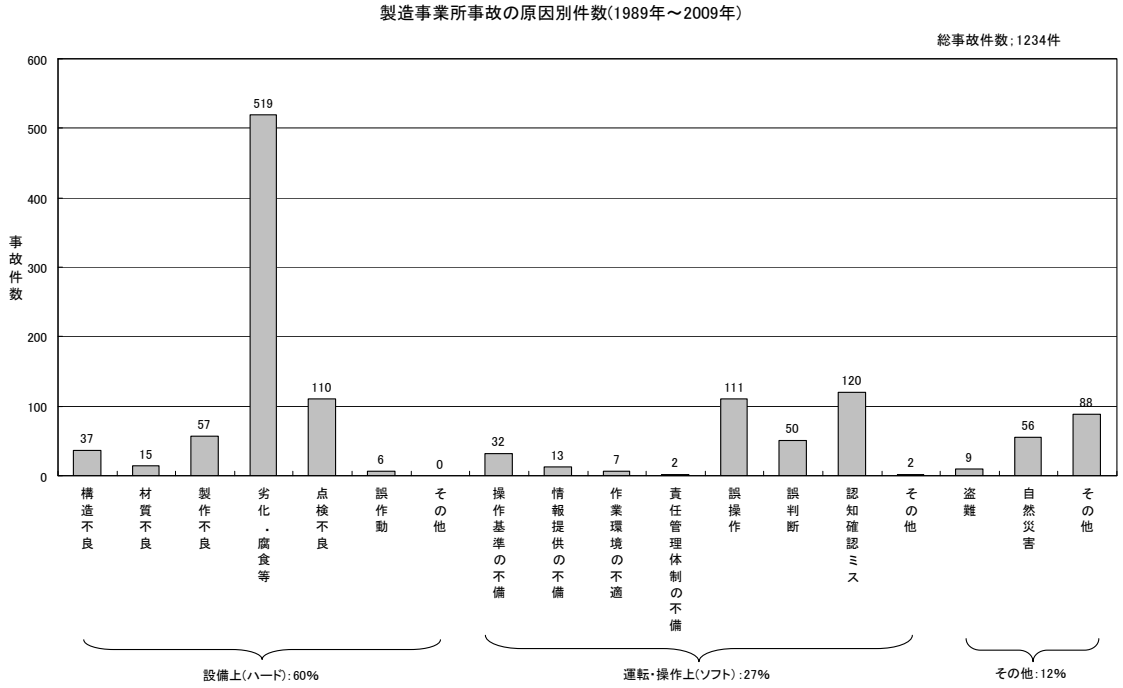


図 3.4 製造事業所の原因別事故件数

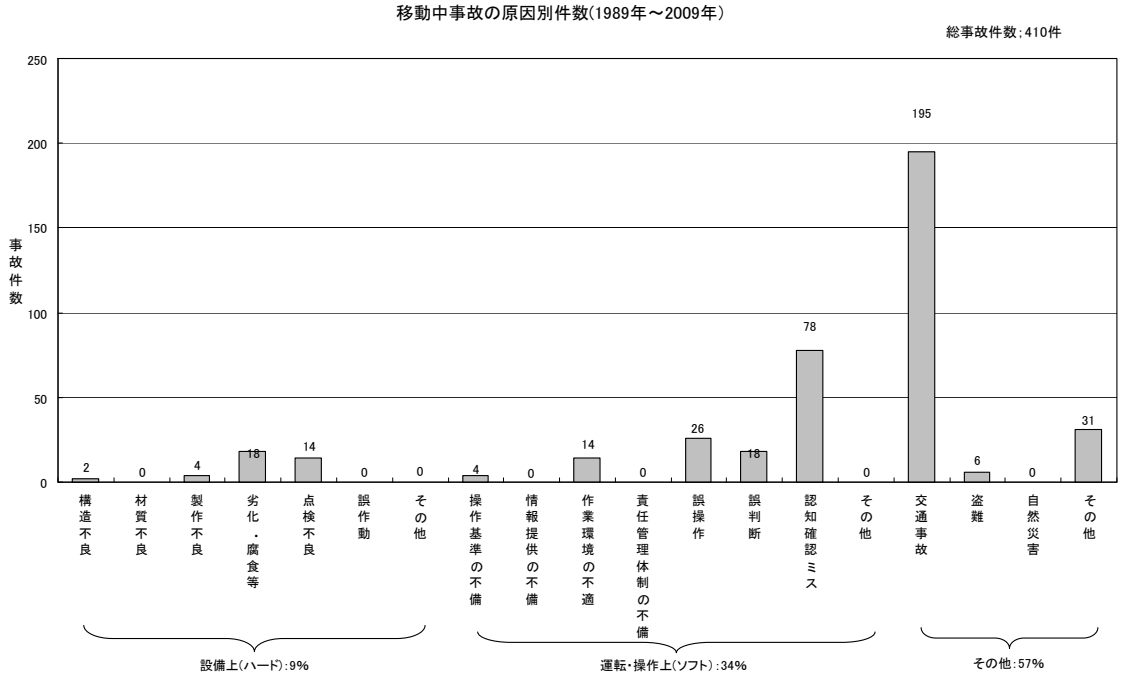


図 3.5 移動中事故の原因別事故件数

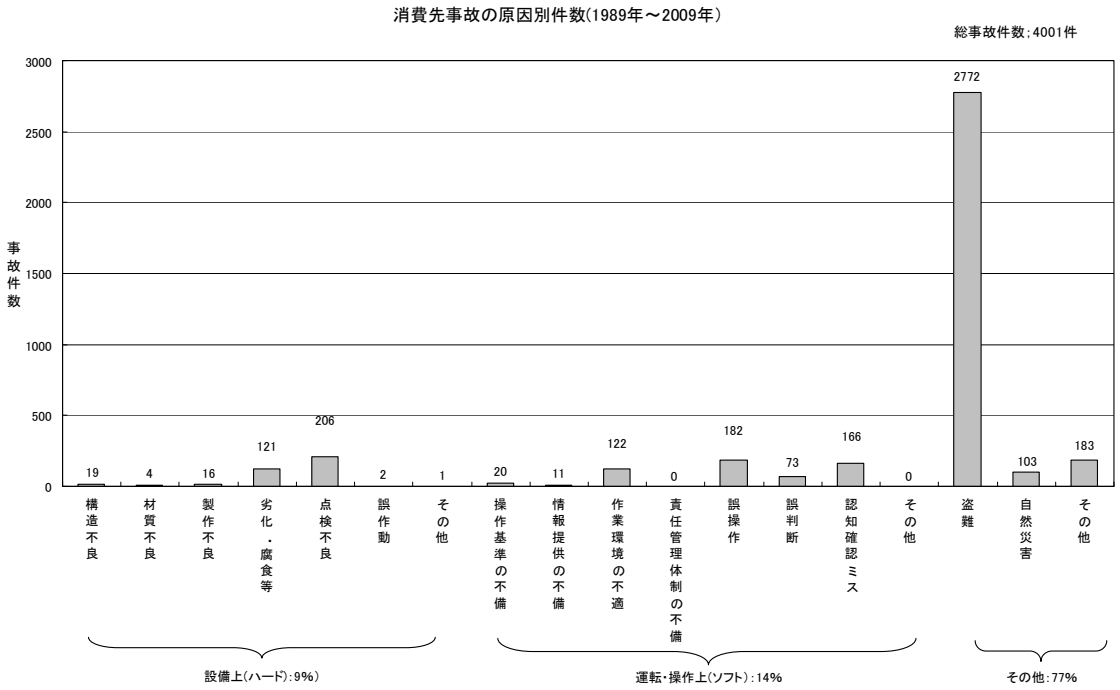


図 3.6 消費先事故の原因別事故件数

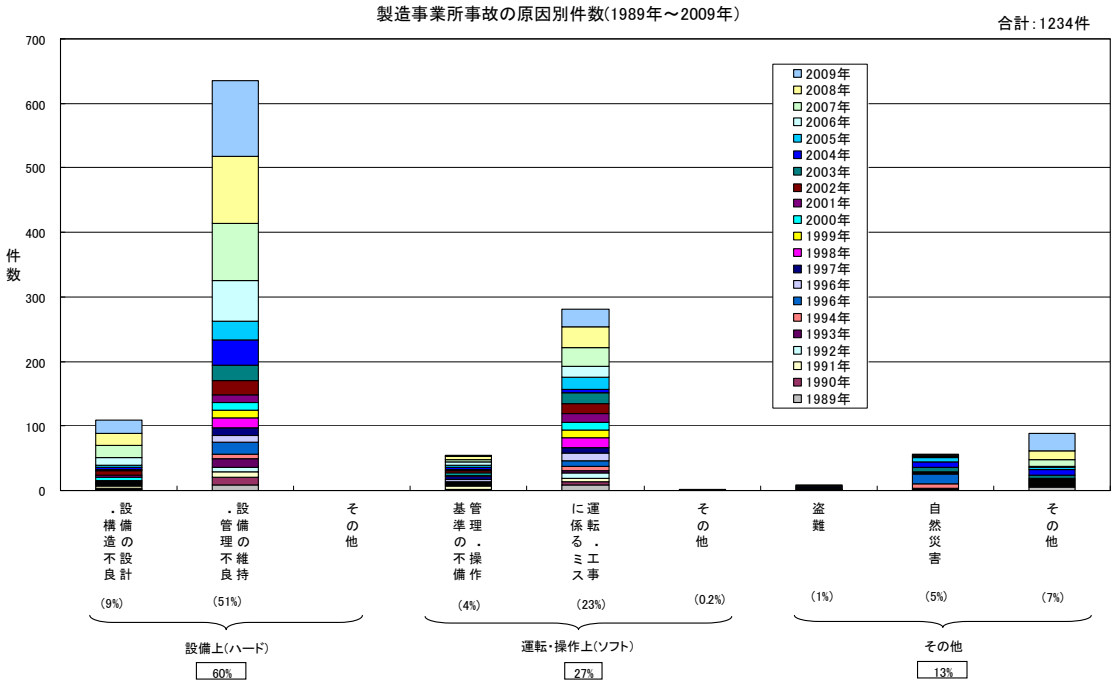


図 3.7 製造事業所事故の原因別件数

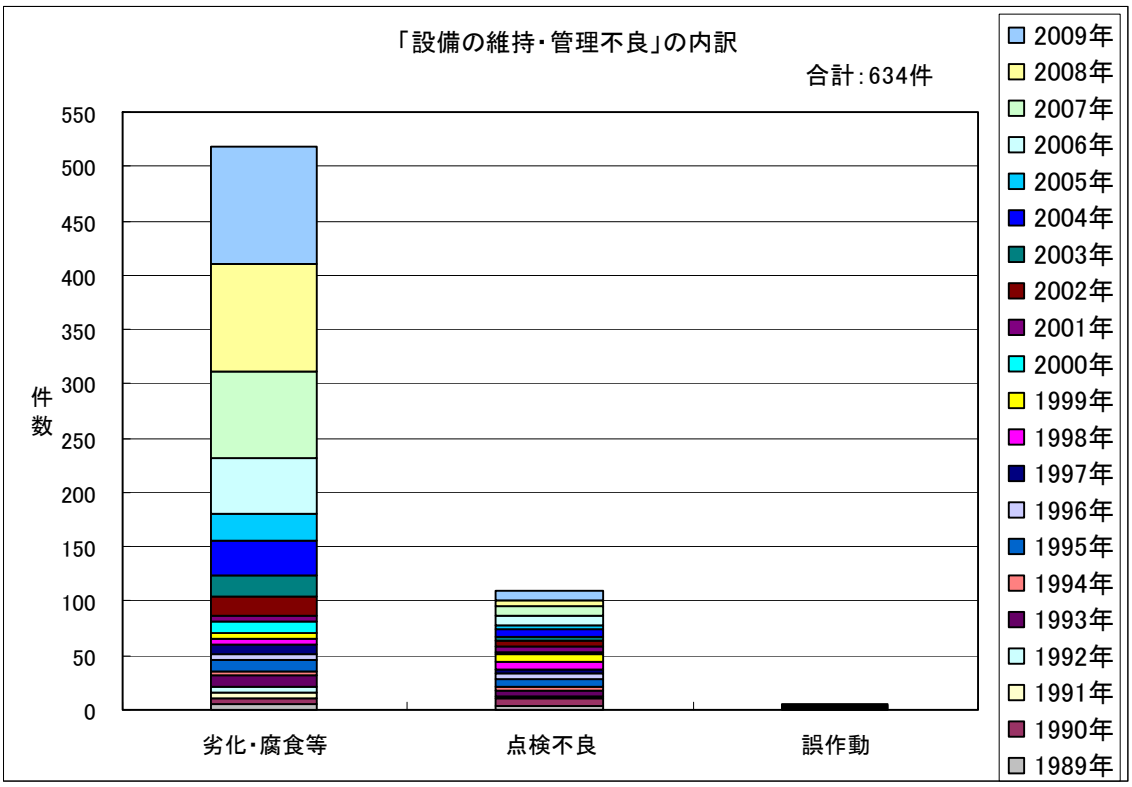


図 3.8　設備の維持・管理不良の内訳

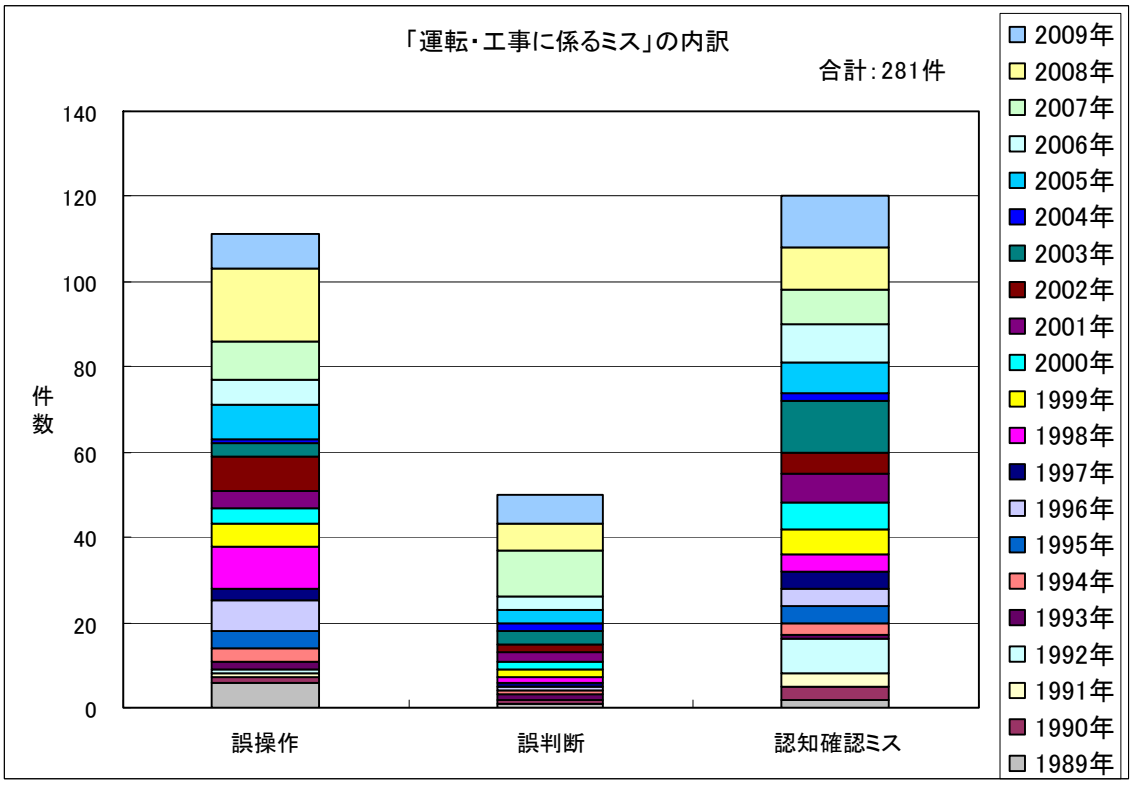


図 3.9　運転・工事に係るミスの内訳

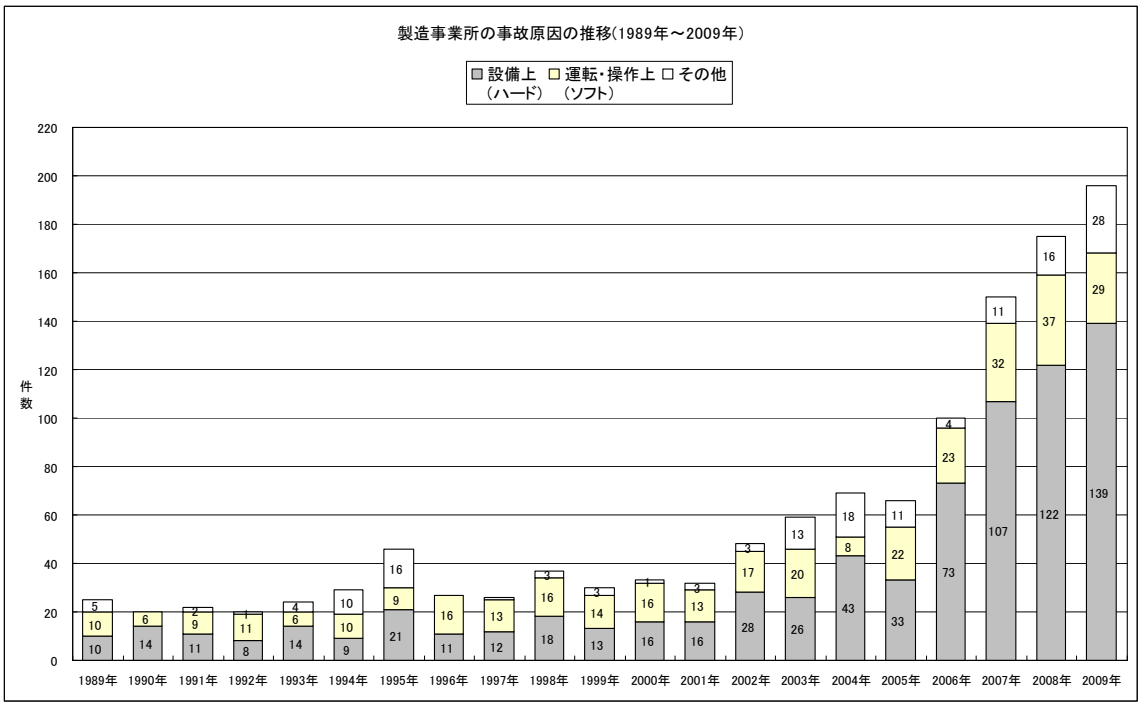


図 3.10　製造事業所の事故原因の推移

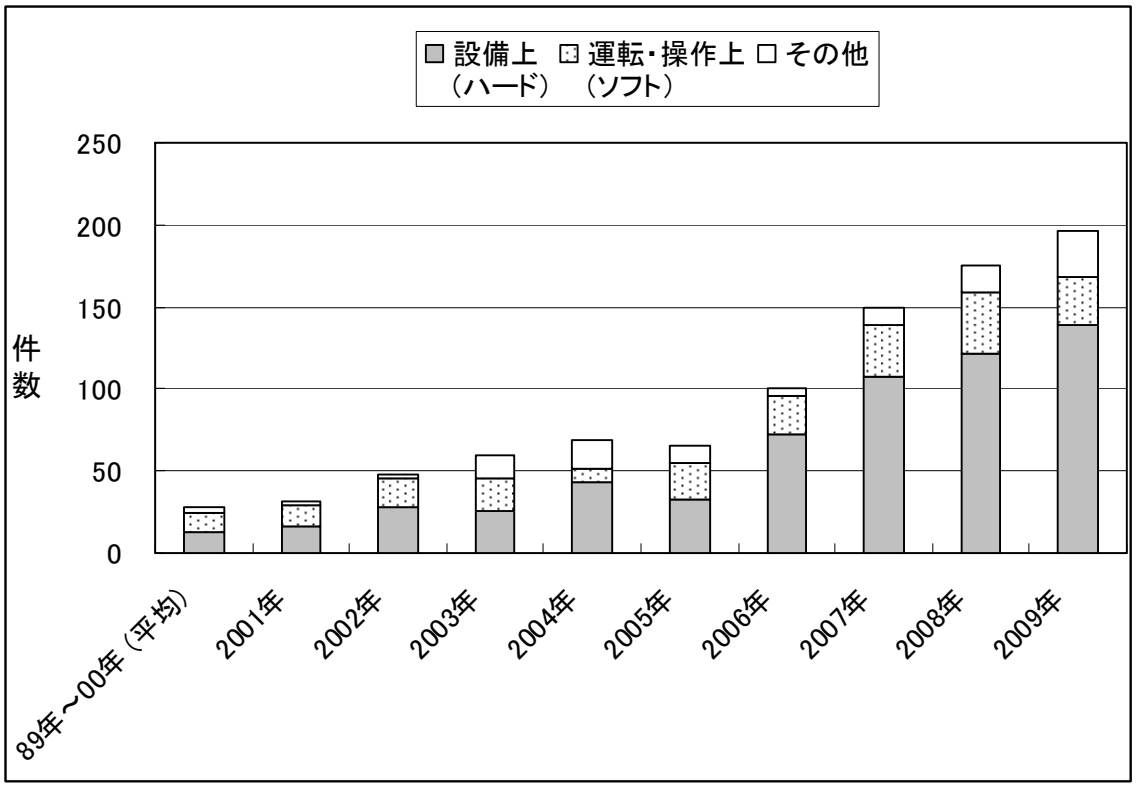


図 3.11　事故原因（ハード、ソフト、その他）の推移（2000 年以前との比較）

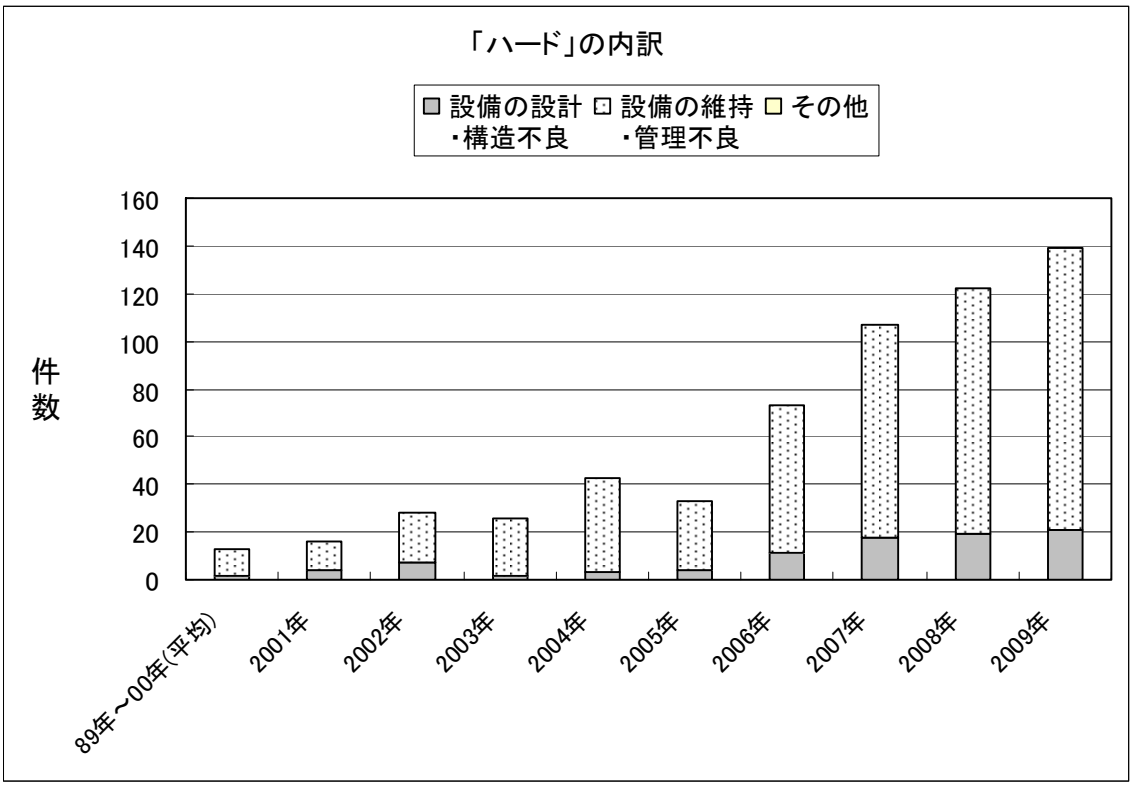


図 3.12 ハード原因の推移（2000 年以前との比較）

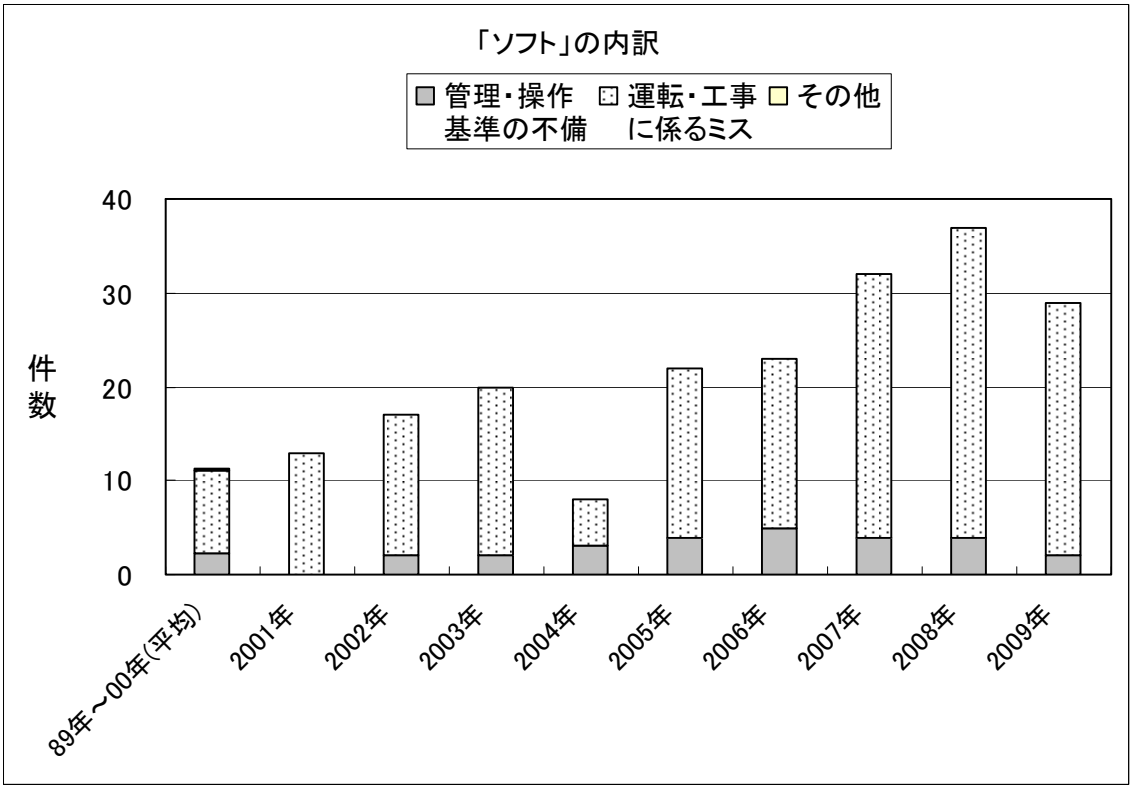


図 3.13 ソフト原因の推移（2000 年以前との比較）

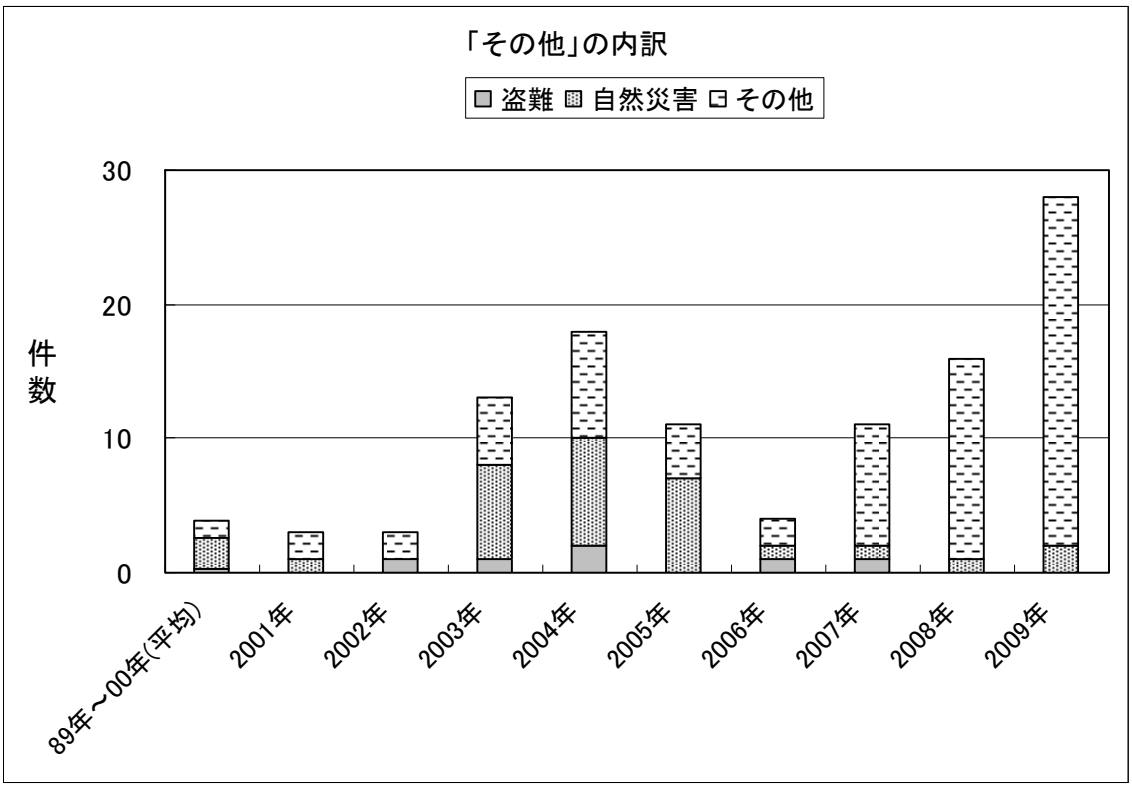


図 3.14　その他原因の推移（2000 年以前との比較）

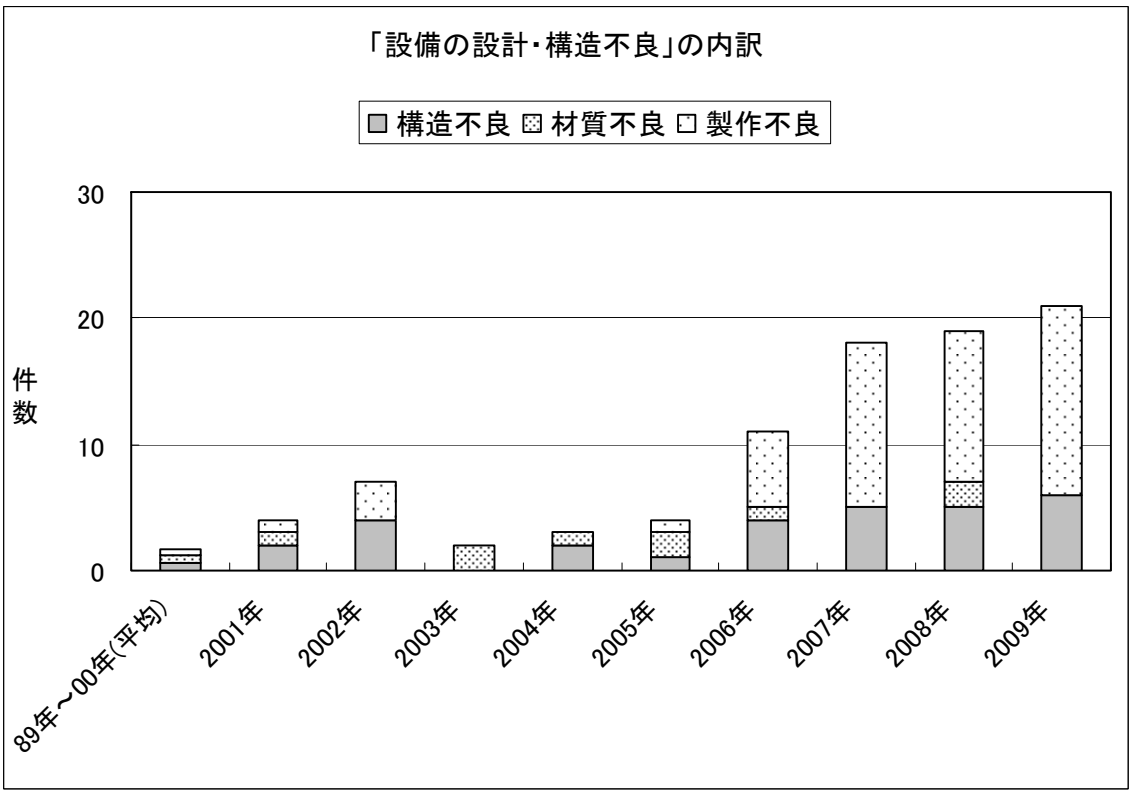


図 3.15　設計・構造不良の推移（2000 年以前との比較）

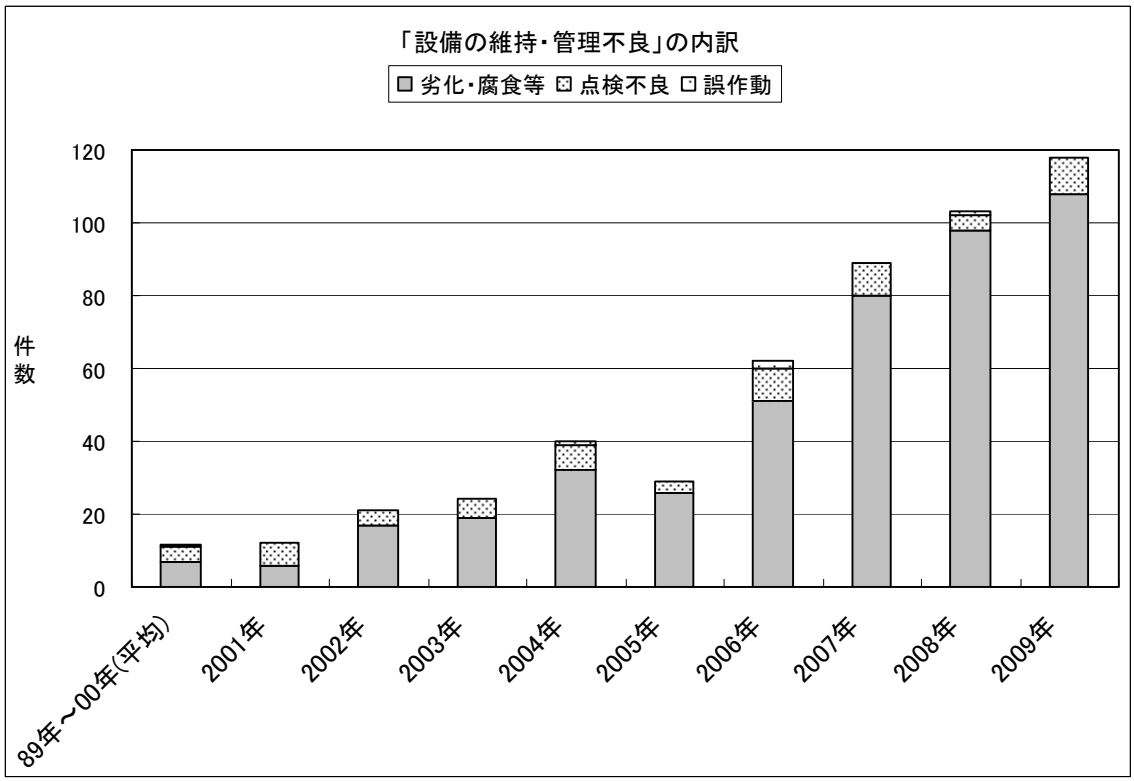


図 3.16　設備の維持・管理不良の推移（2000 年以前との比較）

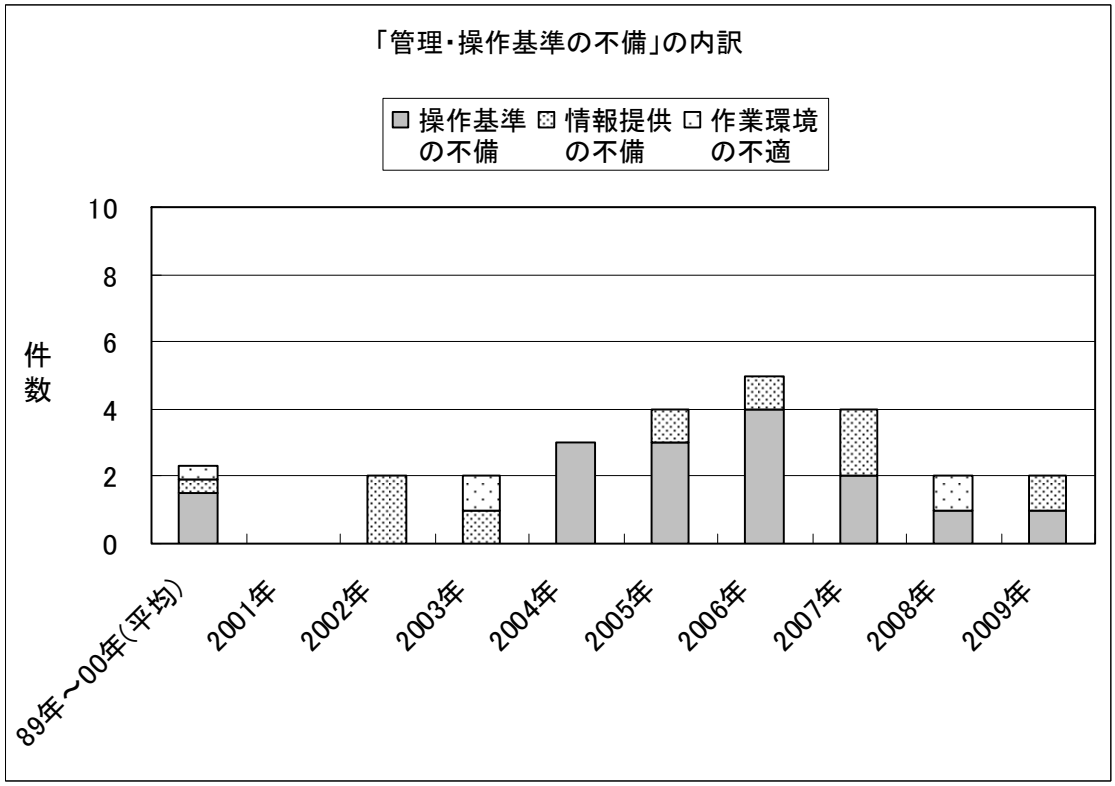


図 3.17　管理・操作基準の不備の推移（2000 年以前との比較）

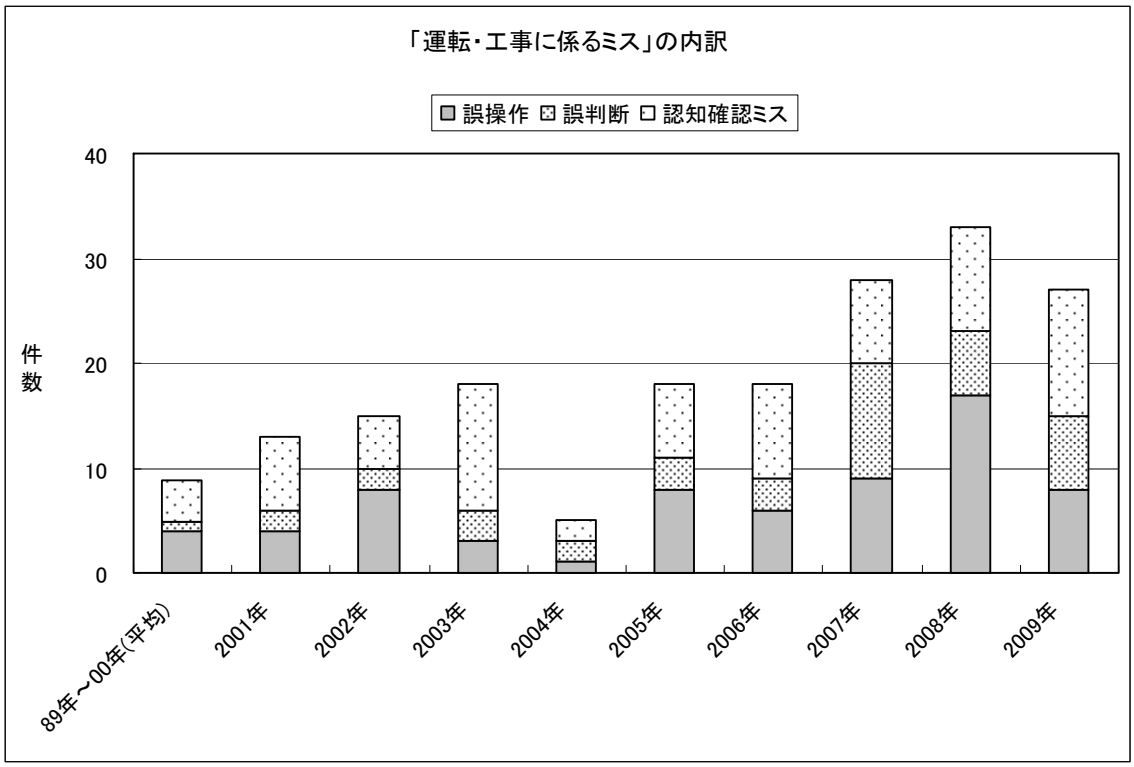


図 3.18　運転・工事に係るミスの推移（2000 年以前との比較）

3.2 コンビナート等保安規則適用事故事例

code	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	現象	業種	設備区分	取扱状態	着火源	事故原因	事故概要
2009-004	空気分離装置付帯窒素CE加圧蒸発器破損漏えい	2009/1/6	広島県	0	0	0	0	窒素	破裂等	酸素センター	コールド・エバポレータ、配管	＜通常運転中＞	無	＜その他＞（外部衝撃）	酸素センターにおいて、空気分離装置に付帯する窒素コールドエバポレーター(CE)の加圧蒸発器付近で、白煙があがっているのを発見した。直ちに加圧蒸発器入口の手動弁を閉止し漏えいを停止した。推定漏えい量は0.02立方mであった。原因は、CEの蒸発器から分岐している上部ブロー管頂部(約16m上方)の着霜(氷)が落下し、当該加圧蒸発器の入口配管に当たり、配管が折損したためである。今後は、ブロー管出口を加温し、着霜を防止する。また、ブロー管の向きの変更及び高さを低くすることで、災害防止を図る。
2009-013	一酸化炭素・水素漏えい事故	2009/1/23	千葉県	0	0	0	0	水素、一酸化炭素	漏洩等	石油化学	反応器	＜通常運転中＞	無	＜その他＞（調査中）	石油化学事業所において、運転員がアルコール製造施設内をパトロール中に異臭に気付き、数人で確認作業を行った。その結果、反応器からの漏えいを発見した。直ちに製造の停止操作を開始すると共に消防局・県保安課へ連絡した。漏えい物質が一酸化炭素＋水素＋危険物第4類第3石油類であるため、公設消防車両が待機する中、脱圧、窒素置換、降温作業を完了させた。外面からの目視、肉厚測定、UT、PT、MT検査を実施した結果、本体胴にピンホールがあることが確認された。外面は健全であるため、内面からの損傷により貫通に至ったと考えられる。また、内面からの損傷は、約40W×190Lの範囲で減肉していることが判明した。損傷原因については、現在調査中である。今後は、内面からの検査を行い、原因を究明する。
2009-014	水素ガス・硫化水素ガス漏えい	2009/1/26	北海道	0	0	0	0	水素、硫化水素	漏洩等	石油精製	配管	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞	製油所において現場担当者が硫化硫黄臭を感じたため、調査を開始したところ、ナフサ水素化脱硫装置の保温施工された安全弁へ至る配管(シュー部)から漏れを発見した。漏えいの原因は、保温配管に水(塩分)が侵入し、配管支持部及び配管母材が外面腐食で開口したものである。再防止策として、漏えい部位付近(約500mm)を更新し、類似箇所の健全性及び外面腐食環境の厳しい、エアフィンクーラ下配管、内部流体が150℃以下の配管、4B以下の小口径配管の健全性を確認する。

2009-017	接触改質装置火災	2009/1/29	三重県	0	0	1	1	炭化水素、水素	火災	石油精製	分離器	＜通常運転中＞	調査中	＜操作基準の不備＞	製油所において接触改質装置内のブースターコンプレッサーディスチャードラムにあるレベルゲージ元弁の機能点検において、ドレンノズルから内部流体である水素と軟質炭化水素油が噴出、着火して火災が発生した。内部脱圧、窒素パージ等を行うことにより鎮火した。原因は、レベルゲージ元弁の機能点検時における誤操作により、水素と軟質炭化水素油が下部ドレンノズルから外部に高速噴出したためであった。詳細は調査中である。
2009-035	クッションタンクからの塩素漏えい	2009/4/9	大阪府	0	0	0	0	塩素	漏洩等	一般化学	容器	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞（腐食）、＜操作基準の不備＞	通常運転中であった塩素供給施設(高圧ガス設備)で、ガス漏えい検知警報器が作動し、除害設備が自動的に作動した。直ちに塩素の供給を止め、運転を停止し現場を確認したところ、クッションタンク建屋外への漏れを確認したので、市消防に通報した。漏えい箇所を調査したところ、クッションタンク胴部に開孔を発見した。原因は、運転の停止中に何らかの原因で、潤湿器内にあった水がクッションタンクに逆流し、塩素水が生成されたことで、腐食が発生したと推定される。今後は、運転停止時、潤湿器とクッションタンクのラインを外す等を実施することとする。
2009-037	接触改質装置のヘッダーカバーからのガソリン漏えい	2009/4/10	大阪府	0	0	0	0	その他（ガソリン）	漏洩等	石油精製	接触改質装置、熱交換器	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞	点検中の運転員が、接触改質装置内の熱交換器ヘッダーカバーからガソリンの漏れを発見した。当該箇所の増し締めを実施するが止まらず、運転を停止させた。後日、ヘッダーカバーのガスケットを交換し、気密試験後に運転を再開した。

2009-041	除害設備からの塩素ガス漏えい	2009/4/15	愛媛県	0	0	32	32	塩素	漏洩等	一般化学	除害塔、ソーダプラント	＜スタートアップ中＞	無	＜誤操作＞（バルブ操作）	当該プラントは、3月9日に停止、4月10日まで定期修理を行い、4月13日から運転立ち上げ操作に入っていた。事故当日、塩素蒸発循環ラインのライン設定を行った際、本来閉止したままにすべき除害塔につながるラインのバルブを誤って開放した。9時19分頃、塩素ガスの循環が開始され、開放されたバルブより塩素ガスが除害塔に供給されることとなり、除害塔の能力が限界となり、11:44、13:35には当該除害塔吸収液タンクの吸収液分析計アラームが発報した。(このことにより、当該タンクの大気ベントロより少量の塩素ガスが漏えいしたと推定される)。16:10頃、別の除害塔から大気に流出していると考え、それに関連するバルブを操作したことにより、大量の空気が当該除害塔へ送気され、除害不十分な塩素ガスが当該除害塔上部にある空気取口から約6分間漏えいし、事業所内外の人が塩素ガスを吸入、病院へ搬送された。今後は、作業基準書の見直し、フローシートへの弁開閉状態を記入、常時閉止弁の施錠を実施することとする。
2009-044	酸素配管の溶損	2009/4/23	兵庫県	0	0	0	0	酸素	漏洩等	製鉄所	配管	＜通常運転中＞	火花（溶接）	＜劣化＞（腐食）、＜作業環境の不適＞（火花の飛散）	酸素配管上部(上側約300mm)の工業用水配管の溶接補修を実施していた。防火対策として酸素配管に防炎シートを被せて作業していたが、溶接中の火花が酸素配管上の防火シートに降りかかった際に、瞬時に酸素配管が溶損した。原因は、該当酸素配管には外部腐食が発生しており、かすかに漏れていた酸素に溶接火花が火種となって鋼製配管(STPG管sch80)が溶損したと推定される。今後は、高圧ガス配管周辺の火気取扱を許可制とすることとする。

2009-057	ポリブタジエン製造施設からのLPG漏えい	2009/5/20	千葉県	0	0	0	0	液化石油ガス	漏洩等	石油化学	ポリブタジエン製造施設、配管、継手	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞（腐食）	7:50頃、出社した社員から運転監視業務を実施していた合成ゴム中央計器集中室に溶剤臭がすると連絡があった。監視パネルでは異常は見られなかったが、運転員が現場の点検を開始した。8:20、パトロール中の運転員が脱水塔フィード配管のフランジ近傍から溶剤が漏えいしていることを発見した。直ちに、脱水塔のフィードを停止し、応急処置として溶剤漏えい配管の前後弁を閉めて縁切りの実施、及び液抜きを行い漏えいは止まった。漏えい量は、約227lと推定されるが、全量揮発したために回収量はゼロであった。漏えい箇所の配管切断面を目視にて確認した結果、外面からの腐食が明らかなことから、保温カバー内に侵入した雨水が腐食の要因であると推定される。保温カバー内に雨水が侵入後、さらにフランジ近傍部分に滞留し、流体温度が60℃前後であり最も腐食が進行しやすい温度環境になっていたことが重なり、集中的に漏えい箇所の外面腐食が進行し、開口に至ったと考えられる。
2009-066	アミン類製造施設(NCA)における水素ガス爆発	2009/2/24	千葉県	0	0	2	2	水素	爆発	一般化学	反応器、バルブ	＜工事中＞	不明	＜劣化＞、＜認知確認ミス＞	反応器の攪拌羽根を交換する工事を実施中に、突然爆発が起こり、工事をしていた協力会社の従業員2名が火傷を負った。原因は、反応器内部の攪拌羽根交換工事に際して、反応器内部の洗浄及び窒素置換により内部のガスをパージするとともに、反応器周りのバルブを閉止し、槽内へのガスの流入を防止する措置を講じたが、水素ラインのバルブに微少のシート漏れがあり、反応器内部へ水素ガスが流入したためと推定される。着火源は、不明である。今後は、反応器の開放工事を行う際は、可燃性ガス配管に、仕切り板又はエンドフランジを使用し遮断する。また、作業前に窒素等不燃ガスでパージし、可燃性ガスが爆発限界以下であることを確認することとした。

2009-070	常圧蒸留装置の蒸発塔底油ポンプの火災	2009/3/4	山口県	0	0	0	0	原油	火災	石油精製	常圧蒸留装置、ポンプ、メカニカルシール	＜通常運転中＞	摩擦熱	＜劣化＞（摩耗）、＜点検不良＞	第2常圧蒸留装置の蒸発塔底油ポンプの異常警報が発報したため、現地を確認したところ火災が発生していた。直ちに当該装置の停止作業に入るとともに、自衛消防隊による消火活動を行い、鎮火した。原因は、電動機の軸受部が摩耗し摩擦熱により高温となって、電動機及びポンプの軸が瞬時に破断したためとみられる。この影響でポンプのメカニカルシール部が破損し、内部の原油が漏えいして、摩擦熱により高温となった軸受部が、着火源となり火災に至ったと推定される。なお、事故前に電動機軸の振動や音に不調の兆候はあったが、簡易診断の結果、軸受故障の可能性は低いと判断していた。今後は、状態監視保全以外に時間基準保全を併用し、定期的な部品交換を実施する。また、動機器における状態監視データの採用期間延長と判断基準の標準化を実施していくこととする。
2009-071	灯軽油水素化脱硫装置からの水素・硫化水素漏えい	2009/3/5	千葉県	0	0	0	0	水素、硫化水素	漏洩等	石油精製	配管、圧縮機、フレキシブル管、水素脱硫装置	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞（疲労）	灯軽油水素化脱硫装置内で、水素ガスコンプレッサーの吸入側圧力計取り出し配管より、水素ガスが漏えいしガス検知器の鳴動によりガス漏えいを覚知した。直ちに、装置の緊急停止操作を行うとともに、関係官庁に連絡した。原因は、フレキ管を長期間使用していたため、繰り返し応力が集中し、疲労破壊が発生したものと推定される。今後は、同様な条件のフレキ管の交換を順次実施していくこととする。
2009-076	ポリエチレン製造施設ベントスタック放出口からの火災	2009/3/15	千葉県	0	0	0	0	エチレン	火災	石油化学	ポリエチレン製造施設、ベントスタック	＜シャットダウン中＞	静電気	＜認知確認ミス＞	ポリエチレン製造施設内で、通常運転中に反応開始剤供給設備の注入調整弁不具合により反応器の温度制御が不調となり、インターロックが作動し設備が停止した。再スタートの準備として系内エチレンに含まれている酢酸ビニルを回収するため、系内ガスをドレンセパレータに導入して酢酸ビニルを分離し、ガスについてはベントスタックから大気放出を行っていた。3時間後計器室の外で音がしたため、運転員が確認のため計器室から出たところ、ベントスタック部で着火しているのを発見した。直ちに緊急ガス放出設備を作動させ、3ブロック化されている全系の系内ガスを大気放出することで降圧させた。その後、散水冷却で拡大防止を行い、セパレータ内の残留物がなくなることで鎮火した。原因は、酢酸ビニル回収操作の準備作業法で定められている、ドレン回収弁を開ける作業を行わなかったためと推定される。今後は、当該操作をチェックリストに追加、ドレンセパレーターにレベルアラーム、アースを設置する事とした。

2009-093	酸素製造施設のベローズからの酸素漏えい	2009/4/28	愛知県	0	0	0	0	酸素	漏洩等	製鉄所	酸素製造施設、ベローズ	＜定修中＞（点検）	無	＜製作不良＞	酸素製造設備で、保安検査を実施していたところ、炉への酸素供給設備の伸縮継手付近から、ガスの漏えいを確認した。発泡試験を実施したところ、伸縮継手の下部からの漏えいを発見したため、直ちに装置を停止した。原因は、ベローズに装着したスペーサリングが、図面通りR12に加工されておらず、5Cの面取りになっていたためと考えられる。漏えい箇所を調査したところ、材料の組成、熱処理等には異常がないことが確認されたが、伸縮継手の外面に約0.6mmの疵が2ヶ所発見された。この疵は、継手の製作工程において、スペーサリングを取り付ける際の肌合わせ(スペーサリングを左右に廻しながらベローズになじませること)をしている際に発生し、この疵を起点にして疲労破壊が始まり割れに至ったと推定される。今後は、ベローズ製作会社で、部品の加工面の詳細形状指示を行い、受入検査ならびに組立前の部品検査を確実に行うこととした。
2009-097	空気液化分離装置の外槽板が破裂しパーライトが漏えい	2009/5/20	愛知県	0	0	0	0	空気	漏洩等	一般化学	空気液化分離装置	＜定修中＞	無	＜認知確認ミス＞	空気液化分離装置の開放検査の準備のため、設備を停止し空気圧縮機の空気をコールドボックスの外槽内に送り込み加温していた。加温を開始してから4時間半ほどして、空気液化分離装置のマンホール上部よりパーライト(断熱材)が噴出していることを確認したため、直ちに空気圧縮機を停止した。原因は、外槽内への空気の流入が多く、外槽に設置した安全弁(設定値1.28kPa)の吹き出し能力を上回り、外槽の強度の弱い部分が破損したためとみられる。流出したパーライトは、約1400m3と推定される。なお、外槽の加温作業は、多くても1年に1回程度であり、また運転停止中に作業を行うために、作業手順書は簡単なもので、送り込む空気量等についての記載はなかった。今後は、外槽に圧力計を新設し、外槽圧力管理を実施することとする。また、作業内容の見直しを検討する。

2009-119	液封によるフランジ部からの漏えい	2009/6/23	千葉県	0	0	0	0	1-ヘキセン	漏洩等	石油化学	リニアポリエチレン製造施設、緊急遮断弁、フランジ	＜通常運転中＞	無	＜その他＞（調査中）	16:40頃運転員が、リニアポリエチレン製造施設の現場パトロール中に、溶剤臭を感じたため、現場点検を開始した。点検の結果、17:00頃に１－ヘキセン配管の緊急遮断弁本体ボンネットフランジからガスが漏えいしていることを発見した。17:05頃に従業員から、リニアポリエチレン計器室に溶剤臭がすると連絡があり、直ちに配管のブロック操作を実施し、漏えいを止める作業を開始した。応急処置として、緊急遮断弁の前後のバルブを閉めて縁切りを実施し、17:16に消防へ通報した。縁切り処置及び液抜きを実施したところ、徐々にガス漏えい量が減少して漏えいは止まった。漏えい量は、5.2lと推定される。原因は、溶剤が液封状態となっており、スチームトレースによる加温で熱膨張し、ボンネットフランジのガスケットを変形させたためと推定されるが、原因の詳細は調査中。
2009-123	塩化水素精留塔の圧力計取り付け部からの漏えい	2009/6/27	福島県	0	0	3	3	塩化水素	漏洩等	石油化学	圧力計、蒸留塔	＜通常運転中＞	無	＜点検不良＞	オフガス回収設備の塩化水素蒸留塔に付属する圧力計取付配管のフランジ接続部分から、ガスが漏えいしていた。原因は、フランジ接続部分のボルトの締め付けトルクが強すぎたため、挿入されていたガスケットが過度に締め付けられ、本来ガスケットが持つ圧縮復元能力が失われていたためと推定される。
2009-130	アンモニア送液配管からの漏えい	2009/7/2	三重県	0	0	0	0	アンモニア	漏洩等	一般化学	配管	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞（腐食）	事業所内で、従業員が通行中に路上でアンモニアの漏れを確認した。原因は、配管サポート部の腐食によるものと推定される。
2009-142	ポリエチレン製造設備内の配管溶接部からのエチレン漏えい	2009/7/16	広島県	0	0	0	0	エチレン	漏洩等	一般化学	ポリエチレン製造設備、配管、継手	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞（腐食）、（劣化）	高圧法ポリエチレン製造設備を運転中、作業員が異臭に気付き周辺を調査した。調査の結果、エチレン受入配管の圧力調節版バイパス部の短管溶接接合部からのエチレン漏えいを確認したため、施設を緊急シャフトダウンした。原因は、き裂発生箇所は、建屋内ではないため降雨等の影響を受け、また弁操作するため断熱膨張により結露も発生しやすく、それらの影響で配管の外面腐食が進行し、部分的な減肉が進んだ。また、配管、弁類の設置状況、構造の影響で応力がかかっており、減肉が進んだある時点で疲労限界を超え、き裂が発生、進展していったと推定される。今後は、外面腐食管理プログラムの見直しを実施することとする。

2009-162	バルブからのプロピレン漏えいによる火災	2009/8/5	千葉県	0	0	0	0	プロピレン	火災	石油化学	弁	＜通常運転中＞	静電気	＜劣化＞、＜点検不良＞	石油化学事業所内で、協力会社従業員が配管のバルブから、プロピレンが漏えいし出火しているのを発見したため、従業員に連絡した。直ちに、事業所の自衛防災隊員が粉末消火器を用いて消火した。原因は、前日に当該バルブを操作した際、グランドパッキン部に緩みが生じたためと推定される。
2009-181	水素製造設備の温度計取付部付近からの水素混合ガス漏えい	2009/8/31	福岡県	0	0	0	0	水素、二酸化炭素、炭酸ガス、メタン	漏洩等	製鉄所	水素製造施設、配管	＜通常運転中＞	無	＜その他＞（調査中）	製鉄所内の水素製造施設を点検中に、携帯していたCOガス検知器が作動した。直ちに調査した結果、脱気器入口にある変成ガス温度計取付部の保温カバーの隙間から、少量のドレン水が出ており、隙間付近でCO濃度が高かったため、ガス漏れと判断し設備を停止した。窒素パージ後保温カバーを取り外して調査したところ、溶接線に約40mmのき裂を発見した。原因については、調査中。
2009-185	分解炉のドレン弁誤操作によるナフサ流出火災	2009/9/3	岡山県	0	0	1	1	ナフサ	火災	石油化学	分解炉、弁	＜通常運転中＞	不明	＜誤操作＞（バルブ操作）	エチレン製造施設のB系の分解炉の停止作業中、間違って隣接する運転中のA系分解炉のドレン弁を開放したため、配管内部よりナフサが流出し、A系分解炉の炉壁にあたり着火し、火災が発生した。直ちに、製造施設の運転主任が消防へ通報すると共に、プラントを停止した。B系分解炉は、前日より停止作業を実施しており、希釈蒸気置換が完了したため、窒素置換ラインセットが実施されていた。オペレーターは、窒素供給の前に、重質油原料流量調整弁、ナフサ流量調整弁及び希釈スチーム流量調整弁のドレン弁を開ける作業をしていた。続いて、第3ステージより重質油流量調整弁のある第4ステージに上がり、B系分解炉に行くところを間違って、隣接するA系分解炉(ナフサ分解中)側に移動し、重質油流量調整弁の後流ドレン弁を開放したため、漏えいが発生した。

2009-187	連続触媒再生改質装置からの水素漏えいによる火災	2009/9/8	山口県	0	0	0	0	水素、炭化水素	火災、漏	石油精製	連続触媒再生改質装置、継手	＜スタートアップ中＞	静電気	＜点検不良＞	製油所内の停電により、連続触媒再生改質装置を含む全精製装置が停止した。装置の安全確認を行った後に、スタートアップの水素張り込み作業を行っていたところ、巡回点検中の従業員が第3反応塔出口フランジで火災を発見した。直ちに自衛消防組織を立ち上げ、公設消防の指揮の下で、発災部周辺設備への冷却散水を行うとともに、発災設備への窒素置換を行い、鎮火させた。発災後の調査では、フランジ下部から漏えいは確認されたが、設備の機械的損傷及びガスケットの損傷は見られなかった。このことから、原因は、緊急停止による急激な温度降下のため、フランジ部の締め付け圧力が減少して、水素が漏えいしたものと考えられる。また、周辺に着火源もないことから、静電気により火災に至ったものと推定される。今後は、緊急停止時等において、フランジ部のボルトの増し締め、ガス検知器による漏えい確認を行うよう手順書の見直しを実施することとした。
2009-193	冷凍機の膨張弁から冷媒ガス漏えい	2009/8/6	新潟県	0	0	0	0	フルオロカーボン404a	漏洩等	一般化学	冷凍設備、弁	＜通常運転中＞	無	＜設計・構造上の不良＞	ユビデカレノン製造施設の冷凍機が、圧縮機吸入圧力の低圧異常により停止した。漏えい箇所の調査を行ったが、特定できなかった。メーカー点検の結果、膨張弁からの漏えいを確認し、膨張弁の前後弁を閉止した。漏えい量は、70kgと推定される。調査の結果、冷凍機の膨張弁の電磁モーター配線コネクターが防水仕様となっていなかったため、コネクター部より水分が進入し、毛細管現象により、膨張弁本体の部ローズ部までに至った。膨張弁本体のベローズは、外側を-20℃のフルオロカーボンが通るため、ベローズ内部に進入した水分は氷結する。ところが、運転を停止すると解けて水となり、ベローズ内部に残る。冷凍機の運転と停止を繰り返すことにより、ベローズ内に溜まる水分が増えていった。水から氷となる体積膨張も大きくなり、ベローズが大きく変形し、き裂が発生して、フロンが入り込み、電磁モータ本体を破損し外部に漏えいしたことが原因と推定される。今後は、膨張弁及び類似の膨張弁9台を防水タイプに変更した。また、ポータブルのフロン検知器により、月1回、冷凍機の漏えいを点検することとした。

2009-196	加熱炉内の伝熱管から油が漏えいし着火	2009/9/9	千葉県	0	0	0	0	液化石油ガス、炭化水素、硫化水素	火災、漏	石油精製	加熱炉、電熱管	＜通常運転中＞	裸火（バーナー）	＜劣化＞	常圧蒸留装置第2原油加熱炉で、CO計がアラームを発報したため、現場確認を実施したところ、加熱炉内の伝熱管から油が漏えいし、バーナー炎により着火、燃焼していることが確認された。直ちに、消防局に通報するとともに、当該加熱炉への原油供給を停止、及び高圧蒸気の注入を行い、漏えい及び燃焼を停止させた。原因は、加熱炉内の伝熱管の流体温度を測定するための温度計用ノズル(長期間に渡り未使用)において、外面の耐火材が一部はがれたことにより、表面が高温酸化腐食で減肉し開口したためと推定される。今後は、同様の未使用ノズルや、長期に渡り使用されていない設備は撤去することとする。
2009-202	蒸発塔の原油入口配管からの漏えい	2009/10/31	山口県	0	0	0	0	原油	漏洩等	石油精製	配管、常圧蒸留装置、蒸発塔	＜通常運転中＞	無	＜劣化＞	常圧蒸留装置の蒸発塔の原油入口配管から、原油が漏えいしていることを巡視員が発見した。直ちに当該装置の停止作業を行い、装置停止後に脱圧を実施し漏えいを止めた。原因は、下流系の腐食防止のため、蒸発器の入口配管に苛性ソーダを注入するインナーノズル部において、異種流体の温度差により苛性ソーダ中の水分が蒸発したため、腐食性物質の濃縮と硫化水素濃度の高い軽質原油を通油したことが複合的に作用し、インナーノズルが開口した。その開口部からの苛性ソーダが本管ノズル部内面に衝突することで、エロージョン・コロージョンが発生したと推定される。今後は、インナーノズルの材質及び形状変更による硫化物腐食の抑制を実施することとする。
2009-227	窒素ガス充てん設備の蒸発器からの漏えい	2009/11/13	宮城県	0	0	0	0	窒素	漏洩等	充填所	配管、蒸発器	＜定修中＞（点検）	無	＜劣化＞	事業所内に設置してある、窒素ガス充てん設備の保安検査実施中に、水温式蒸発器の銅管から窒素ガスが漏えいしていることを発見した。この設備は設置後32年経過しており、経年劣化により銅管ろう付け部に、ピンホールが発生したと推定される。

2009-246	水酸化テトラメチルアンモニウム製造施設のフランジ部からの漏えい	2009/11/25	新潟県	0	0	0	0	トリメチルアミン、メタノール、蟻酸メチル	漏洩等	一般化学	TMHA製造施設、弁、継手	＜その他＞（調査中）	無	＜その他＞（調査中）	水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)製造施設の反応器で、液面低下警報が発報したため点検を実施したところ、液面調節弁の上流側フランジより反応液の漏えいを確認した。直ちに設備を停止し、液面調節弁の前後弁を閉止して漏えいを止めた。漏えいした反応液は大量の水に吸収させ、除害設備で処理した。また、反応器は建物内にあり、漏えいした反応液は建物内に溜まったため、周辺住民への影響はなかった。漏えい部を開放したところ、フランジのガスケットが破断していることが判明したが、破断した原因は調査中である。なお、発災設備は、9月17日に更新・完成検査を行ったおり、その際、ガスケットも更新していた。
2009-256	ポリプロピレン実験用プラントにおける火災	2009/12/8	大阪府	0	0	2	2	プロピレン	火災	石油化学	継手	＜停止中＞	静電気	＜認知確認ミス＞	事業所内の実験用プラントで、第一重合器触媒フィード洗浄用のヘプタン流量が低下したため、触媒フィードノズルが閉塞したと判断し、除去作業を3名で開始した。重合器への触媒、プロピレン等の送入停止、重合器付帯ポンプも停止し、重合器循環ラインの弁を閉め、脱圧を実施しノズルの分解作業を実施し閉塞を確認した。その後、ノズルを取り外し、触媒フィード部を確認のため短管フランジを開放したと同時に発火した。直ちに初期消火を行い、鎮火した。原因は、第一重合器から第二重合器への移液バルブが閉まっていなかったことと、移液シーケンスが切れていなかったため、第二重合器から逆流したプロピレン液が、フランジ開放部から急激に噴出し、静電気により着火したと推定される。今後は、インターロックを追加するためにシーケンスを変更することとした。また、確認のダブルチェック化等を実施することとした。

4. まとめ

4.1 事故概要報告

4.1.1 総括

①高圧ガス事故のうち、事故概要、事故原因、教訓など周知すべき事故事例については、高圧ガス事故概要報告を作成し、発災事業者の確認が済んだものからホームページで情報提供した。今後とも事故情報の共有化の観点から、内容を精査してより適切な事例および教訓を示し、事故の未然防止、再発防止および教育資料の参考となる事例を示していくこととする。

②平成 22 年 1 月における KHK ホームページ内の「高圧ガス事故事例」のインターネットリクエスト数は、3,968 件（昨年同期：4,878 件）であった。

③平成 21 年（速報値）のコンビナートで発生した事故は 29 件であった。昨年 43 件だったものが減少に転じ、平成 19 年の 31 件をも下回った。内訳は、石油精製事業所 8 件、石油化学事業所 8 件、一般化学事業所 8 件、製鉄所 2 件、その他 3 であった。このうち、約 31%が非定常時の事故であり、さらに、事故原因のうち、劣化・腐食による事故が約半数を占めている。

④現在の事故分析では、事故原因として、劣化・腐食が最も多くカウントされているが、さらに深掘りすることにより、真の事故原因が明らかになってくる。漏えいについても、材料の腐食、疲労による本体、溶接部からの漏えい、フランジ、ネジなどの接続部からの漏えい、その他のホースの破裂、バルブの誤開放などの漏えいに細分化することにより、事故の様相、詳細分析が明らかとなってくる。今後、事故防止の観点から、統計処理についても新しい観点からの事故分析が必要である。

⑤コンビナート事業所において、通常運転中、除害塔から塩素ガスが漏出し、32 名の軽傷者を出す A 級事故が発生した。この事故では、第 3 者被害を伴い、毒性ガスの恐ろしさを再認識させた事故であった。なお、コンビナートの A 級事故は、平成 7 年 1 月 17 日、阪神淡路大地震に伴う、低温 LPG 貯槽の漏えい、広域避難を伴う事故以来であった。

ここでは、死亡事故、バルブの誤操作、疲労破壊、および冷凍設備の事故について次にまとめる。

4.1.2 死亡事故

①平成 21 年 3 月、冷凍事業所において、空調用アンモニアヒートポンプの点検作業中、アンモニアガスが噴出し、作業員1名が死亡、8 名が重軽傷を負う事故が発生した。

②この事故では、毒性ガスの工事における安全対策として、ラインの確実な縁切り、自動バルブの制御電源断、駆動源閉止、閉止弁の施錠など、誤開放、誤放出などを防止するための措置を徹底することが教訓としてあげられている。

③この事故の発生以前の工事内容と事故時の工事内容では、工事作業の進め方に変更があったが、工事変更後の安全性を検証することが重要である。この場合、個人の判断ではなく、変更内容を検討するための組織、仕組みを作り、総合的に検討して判断を下すべきである。

④作業開始前の危険予知活動はトラブル、事故防止の基本である。

⑤メンテナンス作業にあたって、制御電源を切ることはマニュアルに明記されていなかった。また、電子式膨張弁の整備手順についても明記されたものがなかった。あいまいな手順書、マニュアルなどではトラブル、事故が顕在化するので、安全を基本とする手順書、マニュアルを定め、関係者に教育し、作業の徹底を

図ることが重要である。

⑥過去に発生した類似の事例に関する事故情報を収集し、教訓を生かして、類似災害の防止に努めるべきである。

4.1.3 バルブの誤操作

①平成 21 年 4 月、一般化学事業所において、電解プラントの運転開始操作を行っていたところ、塩素除害塔から塩素ガスが漏出し、事業所内の関係者 28 名、および事業所外で 4 名の小学生が被災する事故（A 級）が発生した。

②この事故では想定外の事象が重なって影響の大きな事故に至ったものであるが、事故のきっかけとなったのは、開けてはいけない弁を運転員が開放してしまったことが、本件事故の発端となったものである。ヒューマンエラーの発生など、万が一の場合を想定して、ダブルチェックなどの対策を取ることが必要である。

③誤操作を含め、潜在危険性の洗い出しを行い、ソフトおよびハード対策を検討する必要がある。

④アラーム発報、ガス検知器の作動時には、原因究明と適切な対応が必要である。アラーム慣れして、直ちにリセットすることのないよう注意しなければならない。緊急を要するアラーム、余裕のあるアラーム、それぞれ、表示、警報音を異にする、リセットしても再アラームを発するなど、アラームの性質に応じて、常に注意が払われるよう工夫すべきである。

⑤スタートアップ、シャットダウンなどの非定常作業では、重大事故が発生することが多い。ラインアップ、重要操作などでは、異常を早期に発見し、確実に対応しなければならない。異常判断があいまいなまま作業を進めるべきではなく、早めのシャットダウンが異常の拡大を防止する。

⑥緊急時の初動連絡、緊急体制の確立、通報、避難、広報など、緊急の行動基準について、関係者全員に繰り返し教育、訓練を行うことが重要である。毒性ガスの取り扱いでは、事業所の内外を問わず被災者を出してはいけない。異常発生時の初期対応が重要である。

4.1.4 疲労破壊

（注：金属材料に繰り返し応力が作用することで、局部的にき裂が発生し、成長、伝播して、最終的に破断が生じる破壊を疲労破壊という。）

①平成 20 年の事故では、コンビナート事業所において、4 件の疲労破壊を原因とする事故が発生している。

②4 件の疲労破壊の応力の変動要因は、振動 2 件、温度変動 1 件、圧力変動 1 件であった。いずれも、き裂部からプロセスガスが漏えいすることとなった。とくに、小口径配管が振動で疲労破壊する例があるので、注意する必要がある。

③定常時の振動、非定常時の振動などで、振動対策を完全に施工することは容易ではない。プラントの完成後、定常運転、スタートアップ時の特異な振動にたいして、常に注意を払う必要がある。

④圧縮機のスナッバーなどは、振動対策として、ノズル取り出し部に補強のリブが設置されている。過去の経験、知見に基づき、プラント内で振動が発生している配管、枝管、ドレンノズルなど、補強リブなどの振動対策を検討する必要がある。

⑤プラント内で、比較的管理の目が行き届かないベントノズル、行き止まり配管、小口径配管などに注目して、配管管理の充実を検討すべきである。

4.1.5 冷凍設備の事故について

高圧ガス保安法では、高圧ガス製造設備の運転、保安、設備の管理責任は、

第1種事業者、および第2種事業者が負っている。ところが、事故調査の過程で判明したところでは、一般的な冷凍設備における冷凍事業者の保安管理意識が必ずしも十分ではなく、冷凍設備をアッセンブリーの一つとしてみているところもあり、高圧ガス設備を扱っているという意識が薄い、あるいは無い場合がほとんどである。もちろん、冷凍設備で事故が発生した場合の一義的な責任は冷凍事業者にあるが、冷凍設備の設計、設置、および維持管理などは、冷凍設備のメーカー、またはメーカー系列のメンテナンス業者に任せきりとなっているケースが多い。

実態として、冷凍設備は、法律上の管理者（冷凍事業者）が管理しているのではなく、実質的な管理者（メーカー、メンテナンス事業者）が主体となって維持管理しており、さらに、事故の原因調査、再発防止策などでも、メーカーなどが主体となって調査し、再発防止策をまとめているケースがほとんどである。このため、冷凍設備で発生した事故の未然防止、再発防止を図る上では、冷凍事業者に対して、冷凍設備による事故は、事業者の責任であることを認識させ、併せてメーカーおよびメンテナンス業者への指導、管理の責任も有していることを認識させることが重要である。

4.2 事故事例データベース

①制作した事故事例データベースは、高圧ガス保安法の事故のうち、昭和 40 年から現在まで事故事例をデータベース化しており、平成 21 年の高圧ガス事故件数は、781 件（平成 22 年 2 月 25 日現在の速報値）であった。

②事故事例データベースのデータ検索システムは、平成 20 年度より、システム改変を行って、Windows Excel 2003 のブック形式でのマクロを利用したシステムとした。平成 21 年度は、マクロ機能の充実を図るため、事故統計の表示機能（グラフ及び表）の選択項目について、既存マクロの「事故区分」に加え、「現象」、「事故原因」、「事故概要」及び「地域検索」の中から任意で選択できるようにした。これにより、より幅広く、より快適にマクロ検索が行えるデーターベースシステムとなったものと思われる。今後は、さらにユーザの要望を踏まえて、改善を検討して行きたい。

4.3 統計分析

平成 21 年高圧ガス事故の傾向

①高圧ガス事故の件数は、平成 12 年から増加に転じた以降、増加が継続している状況であったが、平成 21 年（平成 22 年 2 月 25 日現在の速報値）は、前年度を下回り 781 件（平成 20 年 806 件）であった。

②このうち、喪失・盗難事故をのぞく災害事故は、269 件（平成 20 年 311 件）となり、平成 19 年（287 件）をも下回っている。

③災害事故のうち、製造事業所の事故件数は、前年を上回っている（平成 21 年 197 件←平成 20 年 175 件）。このうち、コンビナート事業所の事故は、前年より約 3 割減少して 29 件（←43 件）となり、冷凍事業所では、76 件（←50 件）と 50%の増加となった。LP 事業所では、16 件（←21 件）、一般事業所では、76 件（←61 件）であった。

④コンビナート等保安規則適用事業所では、石油化学事業所 8 件（火災 4 件、漏えい 4 件）、石油精製事業所 8 件（火災 4 件、漏えい 4 件）、一般化学事業所 8 件（爆発 1 件、漏えい 7 件）、製鉄所 2 件（漏えい 2 件）、酸素センター1 件（破裂 1 件）および、充てん所、鉄工所で漏えい事故が各 1 件発生した。

⑤平成 21 年に発生したコンビナート事故のうち、漏えい事故は 66%であり、火災事故は 28%、その他 7%であった。この割合は、平成 20 年の漏洩 84%、火災 12%

と比べると、火災事故が増加し、漏えい事故が減少している。

⑥事故原因で主なものは、劣化・腐食などに起因する事故が 48%（平成 20 年 53%） であり、さらに、誤操作、認知確認ミスなどの人的要因に起因する事故が 17% （平成 20 年 40%）であった。ただし、調査中が 14%となっている。

4.4 その他

我が国のコンビナートは、昭和 40 年代からの経年設備も多く、現在まで適切に運営、維持管理されているところであるが、高圧ガスによる重大災害の発生を防止する上では、引き続き、プラントの余寿命予測、維持管理、ヒューマンエラー対策などの充実を図る必要がある。さらに、コンビナート事業所では、配管が複雑で総延長も長いことから、配管の維持管理は避けて通れない問題である。現在、原子力安全・保安院からの委託事業として、保温配管の外面腐食検査に関する調査が行われており、配管の異常部位を適確に把握することができれば、配管を起因とした重大災害を未然に防止する効果が高く、関係者から期待されているところである

コンビナート事業所をはじめとして、高圧ガスの災害を防止するためには、個別事故の情報のみならず、装置、および取り扱いの中に潜む特徴的な事故原因などを抽出、分析し、事故の再発防止、未然防止のための深掘り資料を作っていくことも必要である。これらを活用することにより、事業者間で高圧ガス事故に関する情報を共有し、その教訓を生かしていくことが事故の未然防止には不可欠である。

ところが、事故直後の記録、写真を保存していないケース、事故原因調査が不充分であるケース、発災状況を物語る破片などをスクラップ処理してしまうケースもあり、事故の教訓を生かすことができない事例も多い。高圧ガス関連事業者は、事故の再発防止、未然防止のため、事故の原因調査、分析を確実に実施して、その後の保安資料に活用するため、発災状況を物語る破片なども保存して欲しい。このためにも、KHKでは、事故調査活動を充実させ、得られた教訓などをわかりやすくまとめ、ホームページ、講演会などを通じて、事業者に提供するとともに、さまざまな相談に応じることにより、KHK の活動全体を通じて、高圧ガス事業者の保安活動を支援していく所存である。

以上